الطبيعة والتكنولوجيا وصحة الإنسان

(الجزء الأول)

تأليف

دكتور
محمد عبد القادر محرم
أستاذ الأطياف

دكتورة
سميرة محمد ربيع
أستاذ الأطياف

الكتـــــاب : الطبيعة والتكنولوجيا وصحة الإنسان

(الجزء الأول)

المؤلـــــــف : د. محمد عبد القادر محرم – د. سميرة محمد ربيع

رقـــم الطبعـــة : الأولى

تـاريخ الإصـدار : ١٤٢٥هـ - ٢٠٠٤م

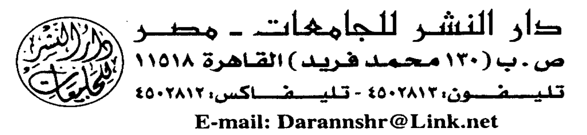
حقـــوق الطبـــع : محفوظة للمؤلف

الناشـــــــر : دار النشر للجامعات

رقـــم الإيـــداع : ٢٠٠٤/٥٨٣١

الترقـيم الـدولي : ISBN : 977 - 316 - 123 - 4

الكـــــــود : ٢/٢٩٥



الطبيعة والتكنولوجيا وصحة الإنسان

(الجزء الأول)

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

خلال النصف الثاني من القرن العشرين استطاع الإنسان غزو الفضاء واكتشاف الكثير من أسرار الكون الذي نعيش فيه ، وقد ساعد ذلك العلماء على معرفة بعض الحقائق الأساسية عن أصل الكون وتطوره وأيضًا عن تركيب وخواص الغلاف الجوي لكوكبنا . لذلك كان هدفنا الأساسي من تأليف هذا الكتاب هو تعريف القارئ العربي بالحقائق العلمية التي توصل إليها العلماء عن أصل وتطور الكون وعن تركيب وخواص الغلاف الجوي للأرض الذي يحيط بها من كل جانب، وأيضًا توضيح العلاقة بين النشاطات البشرية والتكنولوجيات الحديثة من ناحية ، ونوعية وتركيب الهواء الذي نستنشقه من ناحية أخرى، وانعكاس تلك العلاقة على النواحي الصحية للإنسان وسائر المخلوقات الحية على كوكبنا. كما نلقى الضوء على أهمية طبقة الأوزون بالنسبة لجميع أنواع الحياة على الأرض بما في ذلك حياة الإنسان وعلى دور ظاهرة الصوبة في تغير المناخ ودرجة حرارة جو الأرض . وركزنا على إعطاء القارئ معلومات علمية أساسية عن أساسيات ومصادر الأشعة الكهرومغناطيسية – المؤينة وغير المؤينة – التي يتعرض لها الإنسان عند كل وقت في داخل البيت وخارجه وفي مكان العمل وتأثير تلك الأشعة على صحته . ولم يفوتنا تنبيه القارئ إلى المخاطر التي قد تنجم عن الاستخدامات الخاطئة للتكنولوجيات الحديثة ، وعلى وجه الخصوص أجهزة التليفون الخلوي (المحمول) ومحطات التليفون وأفران الميكروويف، ورادار المرور، والتلفاز والحاسوب ، في الحقيقة يحتوي هذا الكتاب على معلومات قيمة عن كل شيء حولك وتأثيره على صحتك .

ويقع الكتاب في جزأين ، يتكون الجزء الأول من خمسة أبواب يشتمل الباب الأول على معلومات مختصرة عن المادة والطاقة ، هما المكونان الأساسيان للكون ، ويناقش الباب الثاني أصل وتطور الكون ونظرية الانفجار العظيم وتكون المجرات والنجوم، كما يقدم الباب الثالث فكرة مبسطة عن الشمس والأرض والقمر والتفاعل بينهم ونظرية المد والجزر ، ويأتي بعد ذلك الباب

الرابع تحت عنوان جو الأرض وصحة الإنسان ويناقش تركيب وخواص الغلاف الجوي للأرض والتغيرات التي طرأت على جو الأرض نتيجة النهضة الصناعية والنشاطات البشرية وتأثير ذلك على صحة الإنسان . ويناقش الباب الخامس والأخير خواص الأشعة الكهرومغناطيسية وتفاعلها مع جسم الإنسان . ويتكون الجزء الثاني من الكتاب من خمسة أبواب تناقش جميعها تأثير الموجات الكهرومغناطيسية على صحة الإنسان .

ولقد بذلنا قصارى جهدنا في اختيار الكلمات العربية البسيطة السهلة الواضحة المعنى للتعبير عن المصطلحات والمفاهيم العلمية ، ولكي يصل الكتاب إلى المستوى اللائق من الحداثة والعصرية راعينا أن يشتمل على العديد من الأفكار العلمية المبتكرة والمفاهيم الحديثة ، لذا يحزونا الأمل في أن يكون هذا الكتاب ذا فائدة للقارئ العربي .

والله ولي التوفيق

المؤلفان

أ.د محمد عبد القادر محرم

أ.د. سميرة محمد حسن ربيع

المحتويات

الموضوع | الصفحة

الباب الأول: المادة والطاقة

الباب الثاني: نشأة الكون

الباب الثالث: الشمس – الأرض – القمر

الباب الرابع: جو الأرض وصحة الإنسان

الباب الخامس: الأشعة الكهرومغناطيسية وجسم الإنسان



المادة والطاقة
Matter and Energy

يتكون الكون الذي نعيش فيه من الفضاء والمادة والطاقة. دعنا نتعرف أكثر على المادة والطاقة.

1.1 المادة The Matter

يطلق اسم المادة على جميع المواد التي يتركب منها هذا الكون. تعرف المادة عادة بأنها كل شيء له كتلة ويشغل حيزا. ويمكن تحديد كتلة الجسم مثلاً بقياس وزنه أو القوة التي تجذبه إلى الأرض. تتركب المادة من:

1- الجسيمات الأولية.

2- الذرات والجزيئات.

3- العناصر والمركبات في المخاليط.

4- البلازما، الغاز، السوائل والجوامد.

تتكون المادة كلية من الجسيمات الأولية، وهذه تشمل الإلكترونات المعروفة، النيوترونات والبروتونات زائد الجسيمات التي يطلق عليها الدخائل **Exotic** مثل الكواركات **Quarks** والبوزونات **Bosons** والمايونات **Muons** والنيوترينونات **Neutrinos**. تتكون الذرات من النواة وإلكترونات مدارية. يمكن أن يتحطم النيوترون إلى بروتون وإلكترون وتتحرر الطاقة كنيوترينو.

يتكون العنصر من نوع واحد فقط من الذرة، أي أن العنصر يتكون من وحدات متشابهة ومتناهية الصغر تسمى الذرات. تختلف العناصر باختلاف ذراتها. والعناصر الأساسية في الأنظمة الحية هي CHON، كربون، هيدروجين، أكسجين ونيتروجين، بالرغم من وجود عدد كبير من عناصر أخرى ضرورية ولها استخدامات كثيرة. تتحد ذرات العناصر كيميائياً لتكون مركبات جزيئية، فمثلاً يتكون الماء من عنصري الأكسجين والهيدروجين ويتكون السكر من عناصر الكربون والأكسجين والهيدروجين. كما يمكن أن يتحلل المركب إلى عناصره الأولية بالطرق الكيميائية. تختلف العناصر بعضها عن بعض في خواصها الفيزيائية والكيميائية. الخواص الفيزيائية هي: الوزن - الصلابة - نقطة الانصهار ودرجة حرارة الغليان. والخواص الكيميائية هي تلك التي تتضمن اتحادها مع غيرها من العناصر لتكوين مركبات. يتكون المركب من نوع واحد من الجزيء الذي يتكون من نوع واحد أو أكثر من العناصر. المركبات لها خواص كيميائية وفيزيائية فريدة تختلف عن خواص العناصر التي تتكون منها. والمخاليط هي حزم Bunchesمن المركبات أو/ والعناصر غير المرتبطة كيميائياً. أطوار الحالة للعناصر والمركبات هي: البلازما، الغاز، السائل، الجامد.

الغازات هي جزيئات أو ذرات غير متماسكة مع بعضها ومن ثم يمكن أن تشغل أي حيز توضع فيه.

السوائل هي جزيئات أو ذرات تتماسك مع بعضها بقوى تسمح لها بالحركة ولكن ليس بحرية الغازات. والجوامد هي جزيئات أو ذرات تتماسك مع بعضها البعض تماسكاً قوياً بحيث لا تستطيع الحركة بحرية خارج الترتيب المحدود. البلازما غازات تأينت وخرجت إلكتروناتها عن حدود النواة.

وصف الكيميائيون 115 عنصراً مختلفاً تقريباً. ويبين جدول (1) بعض الخصائص الكيميائية لبعض العناصر المعروفة في القشرة الأرضية للقارات.

جدول (1) خصائص بعض المواد الكيميائية الشائعة الموجودة في القشرة الأرضية.

العنصر	الرمز الكيميائي	العدد الذري	العدد الكتلي الذري	الوزن الذري	النسبة المئوية للقشرة الأرضية	مطلوبة لكل الحياة	نوع العنصر
ألمونيوم	Al	13	27	26.98	8.2300	-	شبه فلز
أنتيمون	Sb	51	122	121.75	0.00002	-	شبه فلز
زرنيخ	As	33	75	74.92	0.00018	-	شبه فلز
باريوم	Ba	56	137	137.34	0.0425	-	فلز
بريليوم	Be	4	10	9.01	0.00028	-	فلز
بزمس	Bi	83	209	208.98	0.000017	-	فلز
بورون	B	5	11	10.81	0.0010	-	شبه فلز
بروم	Br	35	80	79.91	0.00025	-	لا فلزي
كادميوم	Cd	48	112	112.40	0.00002	-	فلز
كالسيوم	Ca	20	40	40.08	4.1000	X	فلز
كربون	C	6	12	12.01	0.0200	X	لا فلزي
كلور	Cl	17	35.5	35.45	0.0130	-	لا فلزي
كروميوم	Cr	24	52	52.00	0.0100	-	فلز
كوبلت	Co	27	59	58.93	0.0025	-	فلز
نحاس	Cu	29	63.5	63.50	0.0055	X	فلز
فلورين	F	9	19	19.00	0.0625	-	لا فلزي
جاليوم	Ga	31	70	69.72	0.0015	-	فلز
جرمانيوم	Ge	32	73	72.59	0.00015	-	شبه فلز
ذهب	Au	79	197	196.97	0.0000004	-	فلز
هيدروجين	H	1	1	1.008	1.4000	X	لا فلزي
يود	I	53	127	126.90	0.00005	-	لا فلزي
حديد	Fe	26	56	55.85	5.6000	X	فلز
رصاص	Pb	82	207	207.19	0.00125	-	فلز
ليثيوم	Li	3	6	6.94	0.0020	-	فلز
ماغنسيوم	Mg	12	24	24.31	2.3000	-	فلز
منجنيز	Mn	25	55	54.94	0.0950	X	فلز
زئبق	Hg	80	201	200.59	0.000008	-	فلز
موليبدنيوم	Mo	42	96	95.94	0.00015	X	فلز
نيكل	Ni	28	59	58.71	0.0075	-	فلز
نيتروجين	N	7	14	14.01	0.0020	X	لا فلزي

تابع جدول (1) خصائص بعض المواد الكيميائية الشائعة الموجودة في القشرة الأرضية

العنصر	الرمز الكيميائي	العدد الذري	العدد الكتلي الذري	الوزن الذري	النسبة المئوية للقشرة الأرضية	مطلوبة لكل الحياة	نوع العنصر
أكسجين	O	8	16	16.00	46.4000	X	لا فلزي
باليديوم	Pd	46	106	106.40	0.000001	-	فلز
فوسفور	P	15	31	30.97	0.1050	X	لا فلزي
بلاتين	Pt	78	195	195.09	0.0000005	-	فلز
بوتاسيوم	K	19	39	39.10	2.1000	X	فلز
روبيديوم	Rb	37	85.5	85.47	0.0090	-	فلزي
سيلينيوم	Se	34	79	78.96	0.000005	-	لا فلزي
سليكون	Si	14	28	28.09	28.2000	-	شبه فلز
فضة	Ag	47	108	107.87	0.000007	-	فلز
صوديوم	Na	11	23	22.99	2.4000	-	فلز
كبريت	S	16	32	32.06	0.0260	X	لا فلزي
ثوريوم	Th	90	232	232.04	0.00096	-	لا فلزي
خارصين	Sn	50	119	118.69	0.00020	-	فلز
تيتانيوم	Ti	22	48	47.90	0.5700	-	فلز
تنجستن	W	74	184	183.85	0.00015	-	فلز
يورانيوم	U	92	238	238.03	0.00027	-	فلز
فانيديوم	V	23	51	50.94	0.0135	-	فلز
زنك	Zn	30	65	65.37	0.0070	X	فلز

يمكن تصنيف العناصر إلى فلز **Metal** ولافلز **Non Metal** وشبه فلز **Metalloid**. والفلزات عادة توصل الحرارة والكهرباء ولها لمعان. اللافلزات لا توصل الكهرباء وشبه الفلزات لها خصائص بين الفلزات واللافلزات. العناصر التي شحنتها الكلية سالبة أو موجبة تسمى أيونات. وتوضع إشارة (−) أو (+) بعد رمز العنصر مثل Ca^{2+} حيث يمتلك الكالسيوم شحنتين موجبتين. بعض الأيونات السالبة الشحنة المعروفة تشمل النترات (NO_3^-)، الكبريتات (SO_4^{2-})، وتتجاذب الأيونات السالبة والأيونات الموجبة مع بعضها كهربائيا. وهذا التجاذب الطبيعي يسمح بتكوين الروابط بينها لتكوين تركيبات من المادة أكبر

من الذرة الواحدة. عندما تترابط الذرات المتشابهة مع بعضها فإنها تكون الجزيئات. الذرات ذات العناصر المختلفة ترتبط مع بعضها مكونة المركبات. كلوريد الصوديوم مركب أيوني يتكون من صوديوم (Na^+) وكلور (Cl^-) ويوجد في الطبيعة في ثلاثة أبعاد من أيونات مختلفة الشحنة.

1-1.1 الذرة **The atom**

هي أصغر جسيم يظهر خواصاً كيميائية فريدة للعنصر. تتكون الذرة أيضاً من جسيمات أصغر تعرف بالبروتونات والنيوترونات والإلكترونات. البروتون جسيم من مكونات الذرة ذو كتلة مهمة (كتلته تساوى **$1.67x10^{-24}$ gram**) ويساهم بشحنة كهربائية واحدة موجبة في الذرة. النيوترونات لها شحنة كهربائية متعادلة وكتلة تساوى تقريباً كتلة البروتون، أما الإلكترونات هي جسيمات ذرية لها كتلة متناهية الصغر وتساوي **1/1840** من كتلة البروتون. ويحمل كل إلكترون شحنة كهربائية سالبة

($e = 1.6021 \times 10^{-19}$ Coulomb)

البروتونات والنيوترونات يكونون نواة الذرة (يبلغ نصف قطر نواة الذرة حوالي **10^{-13}Cm**). ونتيجة لذلك تكون معظم كتلة الذرة مركزة في النواة. ولأن البروتونات موجبة الشحنة تكون شحنة النواة موجبة وتساوي عدد هذه الجسيمات في الذرة. توجد الإلكترونات خارج النواة في مدارات (يبلغ نصف قطر مدار الإلكترون حوالي **10^{-8}Cm**) على مسافات مختلفة بناء على مستوى طاقاها. المستويات المشغولة بالإلكترونات شحنتها سالبة وتساوى عدد هذه الجسيمات في الذرة. إذا كان عدد إلكترونات الذرة مساوياً لعدد بروتوناقا تكون شحنة الذرة الكلية صفراً (الذرة متعادلة). إذا كان عدد الإلكترونات أكبر من عدد البروتونات تكون شحنة الذرة سالبة. بالمثل إذا كان عدد الإلكترونات أقل من عدد البروتونات تكون شحنة الذرة موجبة. في كلتا الحالتين تحسب شحنة الذرة من طرح البروتونات من الإلكترونات، على سبيل المثال، 6 إلكترونات ناقص 4 بروتونات يعطي شحنة 2 –. عدد البروتونات الموجودة في

نوى الأنواع المختلفة من العناصر يطلق عليه العـدد الـذري Z. كـل ذرات عنصـر معين تمتلك نفس العدد من البروتونات في أنويتها.

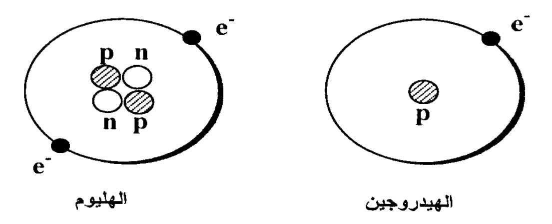
الوزن الـذري للعنصـر: هـو الـوزن الكلـي للبروتونـات والنيوترونـات والإلكترونات.

العدد الكتلى A : هو العدد الكلى لبروتونـات ونيوترونـات الـذرة. الكـثير مـن العناصر يمتلك عددا متساوياً من البروتونات والنيوترونات.

مثـال:

تعتبر ذرة الهيدروجين أبسط الذرات على الإطـلاق وهـي الـذرة الوحيـدة التي لا تحتوى على نيوترونات في نواها حيث تتكون نواها من بروتـون واحـد يـدور حوله إلكترون واحد. (العـدد الـذرى Z =1 والعـدد الكتلـي A =1). وتحتـوى نواة ذرة الهليوم علـى عـدد 2 بروتـون و 2 نيـوترون (العـدد الـذرى Z = 2 والعدد الكتلي A = 4).

من جدول (1) الوزن الذرى للألمونيـوم 26.98. العـدد الـذري للفضـة 47 أو 47 بروتونا في ذرته.



شكل (1) تركيب ذرتي الهيدروجين والهليوم.

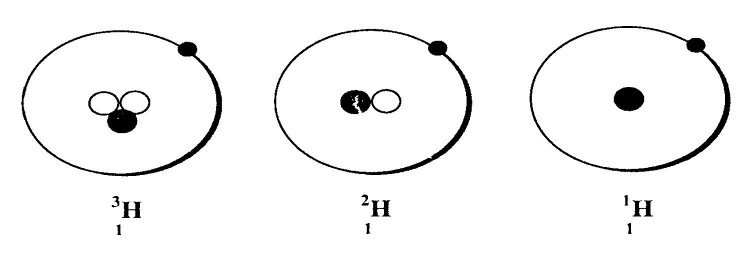
2-1.1 النظـائر Isotopes

تحتوى ذرات العنصر الواحد على العدد نفسه من البروتونـات إلا أنهـا قـد تحتوى على أعداد مختلفة من النيوترونـات وهـذا يعـنى أن العـدد الـذرى للعنصـر

الواحد لا يتغير في حين تتغير كتلته الذرية تبعاً لعدد النيوترونات. فمثلاً نجد للهيدروجين ثلاثة نظائر هي: $^{1}_{1}H$ تتكون نواته من بروتون واحد ولا تحتوى على نيوترونات (Z=1, A=1). الديوتيريوم $^{2}_{1}H$ تتكون نواته من بروتون ونيوترون (Z=1, A=2). التريتيوم $^{3}_{1}H$ تتكون نواته من بروتون ونيوترونين (Z=1, A=3). يبين شكل (2) النظائر المختلفة لعنصر الهيدروجين. للكربون نظيران، الصورة الشائعة له هو كربون 12 ويتكون من 6 بروتونات، 6 نيوترونات. حوالي 99% من الكربون على كوكبنا من هذا النوع. ونظير الكربون 13 عنده 6 بروتونات زائد 7 نيوترونات، كربون 14 يحتوي على 8 نيوترونات.

يوجد لكل عنصر عدد من النظائر يصل أحياناً إلى أكثر من خمسين نظيراً. بعض النظائر تكون مستقرة بينما يكون بعضها الآخر نشطاً (Radioactive) وتصدر إشعاعات نووية. يوجد العنصر في الطبيعة بصورة خليط من بعض نظائره، وأما بعضها الآخر فلا يوجد عادة في الطبيعة إنما يمكن إنتاجه صناعياً باستخدام المفاعلات أو المعجلات النووية. والجدير بالذكر أن نظائر العنصر الواحد تتحد في جميع خواصها الكيميائية نظراً لأن العدد الذرى للعنصر هو الذي يحدد خواصه الكيميائية.

بعض النظائر غير مستقرة وتميل إلى تفكك بعض الجسيمات الذرية وتتحول إلى عناصر بكتل ذرية أصغر، يطلق على هذه العملية تحلل بنشاط إشعاعي **Radioactive decay**.



شكل (2) يبين النظائر المختلفة لعنصر الهيدروجين

تترتب كل النظائر المعروفة لجميع العناصر – سواء الموجودة طبيعيا منها أو المنتجة صناعياً – وفق جدول يعرف بجدول النويدات ومصطلح النويدة (Nuclides) يعني أي نظير لأي عنصر.

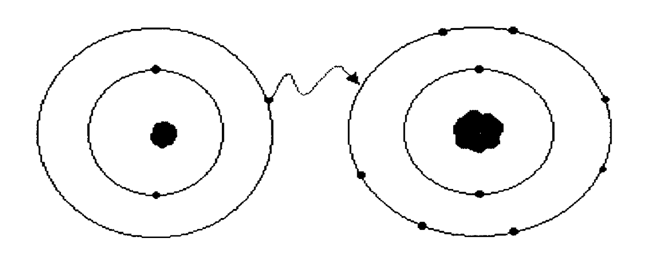
3-1.1 الجزيء

الجزيء هو تركيب مستقر لذرتين أو أكثر وهو تجمع متعادل من الذرات يرتبط بعضها ببعض بقوة كافية بحيث نراها عملياً كجسم واحد. وتوجد الروابط الكيميائية بين ذرتين أو مجموعات من الذرات عندما تكون القوى التي تعمل بينها قوية لدرجة كافية لتكوين تركيب مستقر. وتعني كلمة مستقر أننا نحتاج إلى طاقة من مصدر خارجي لتحطيم الجزيء إلى مكوناته الأساسية من الذرات. كمية الطاقة اللازمة لكسر رابطة وإنتاج ذرات متعادلة تسمى طاقة الربط. تنشأ كل الروابط من تجاذب الشحنات غير المتماثلة طبقاً لقانون كولوم **Coulomb's Law**. الأنواع الرئيسية في الروابط الكيميائية هي:

- الرابطة الأيونية.
- الرابطة التساهمية.
- الرابطة المعدنية.
- الرابطة الهيدروجينية.
- أهم الروابط الكيميائية هي الروابط الأيونية والتساهمية.

الرابطة الأيونية **Ionic Bond**

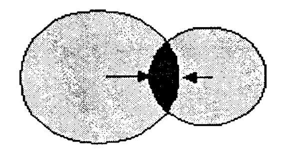
في حالة الرابطة الأيونية ينتقل إلكترون واحد أو أكثر من إحدى الذرتين إلى الأخرى و الأيون الموجب والأيون السالب المتولدان يجذب بعضهما بعضاً، مثال على ذلك جزيء ملح الطعام **NaCl**. هنا تتولد رابطة أيونية بين أيون الصوديوم Na^{+} وأيون الكلور Cl^{-} وليس بين ذرة الصوديوم وذرة الكلور (شكل 3).



شكل (3) يبين الرابطة الأيونية لملح الطعام.

الرابطـــة التســـاهمية Covalent Bond

في هذه الرابطة تتشارك ذرتان في زوج أو أكثـر مـن الإلكترونـات، فعنـد دوران هذه الأزواج من الإلكترونات حول الذرات فإنهـا تقضـي وقتـاً أطـول بـين الذرات من أي مكان آخر، مؤدية بـذلك إلى توليـد قـوة تجـاذب تـربط هـذه الذرات. مثال على ذلك جـزيء الهيدروجين H_2 الـذي إلكترونـاه ينتميـان آنيـاً إلى كل من بروتوني الجزيء كما في الشكل (4).



شكل (4) يبين الرابطة التساهمية لجزيء الهيدروجين.

4-1.1 المواد العضوية وغير العضوية

Organic and Inorganic Materials

المركبات والجزيئات المركبة المكونة للأنسـجة الحيـة تسـمى عضـوية. صـور المادة التي لا تنشأ من الأشياء الحية تصنف مواد غير عضوية.

توجد أربعة أقسام عامة من المواد العضوية، الدهون Lipids والكربوهيدرات Carbohydrates، البروتينات Proteins والأحماض Acids.

الدهون Lipids : تتكون من ذرات الكربون التي تتصل بذرتي هيدروجين وهي عادة الشحوم والزيوت وتتبع عائلة الجزيئات المعروفة بالهيدروكربونات.

الكربوهيدرات Carbohydrates: تتكون من ذرات الكربون والأكسجين والهيدروجين ومن أمثلتها السكريات والنشا والسيليولوز.

البروتينات Proteins: هي مركبات عضوية تتكون من كربون وهيدروجين ونيتروجين والأكسجين وبعض عناصر أخرى ضئيلة.

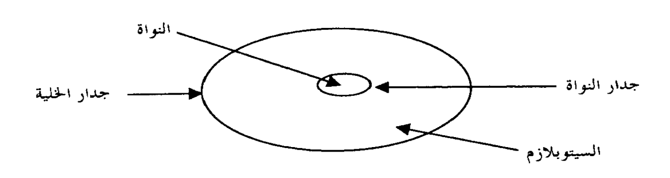
البروتينات هي أهم طوائف الجزيئات البيولوجية للحياة الحيوانية ومن أمثلتها المهمة الكيراتين (المادة القرنية) وهو المكون الرئيسي للجلد والشعر والأظافر، والكولاجين (Collagen) الذي يبني أوتار الأنسجة الضامة والعظام النامية. وجميع البروتينات عبارة عن بلمرات مكونة من عدد كبير من وحدات بنائية قائمة بذاتها تعرف بالأحماض الأمينية Amino Acids ويوجد حوالي عشرون نوعاً من الأحماض الأمينية. وبالرغم من أنه قد أمكن اكتشاف أعداد كبيرة لحد ما من الأحماض الأمينية في الطبيعة إلا أنه يوجد منها فقط حوالي 20 على نحو منتظم في البروتينات.

الحامض النووي (حامض النيوكليك) Nucleic Acids (DNA)

يتكون الحامض النووي (دي أوكسي ريبونيوكليك) أصلاً من تركيبات مختلفة من كربون، هيدروجين، نيتروجين، أكسجين وفوسفور، وهي مركبات معقدة جداً نشأت عن الترابط الذري لآلاف الذرات الفردية أي أنها عبارة عن بلمرات تتكون من وحدات أبسط.

الخلايا Cells

تتكون جميع الكائنات الحية من تراكيب صغيرة تعرف بالخلايا، والأجزاء الأساسية لكل خلية هي: النواة، السائل المحيط بها الذي يعرف بالسيتوبلازم Cytoplasm، الغشاء الذي يكون جدار الخلية. الشكل (5) يظهر تركيب خلية بشرية مثالية.



شكل (5) رسم تخطيطي لتركيب الخلية البشرية.

يعتبر السيتوبلازم بمثابة "مصنع" الخلية، بينما تحتوى النواة على كل المعلومات التي تحتاجها الخلية للصيانة أو للتكاثر.

تحتوى النواة على الكروموسومات Chromosomes (حاملات الصفات الوراثية) التي هي عبارة عن تراكيب خيطية صغيرة مكونة من الجينات Genes (المورثات). وتحتوى الخلية البشرية على 46 كروموسوما، تتركب المورثات من حامض De-oxyribonucleic (المعروف بـ DNA) وجزيئات بروتينية. تقوم المورثات بحمل المعلومات التي تحدد صفات الخلية الوليدة.

للخلايا قدرة على التكاثر للتعويض عن تلك التي تموت، ونظراً لتباين أعمار الأنواع المختلفة من الخلايا البشرية، فإن سرعة تكاثر الخلايا تتباين من بضع ساعات وحتى عدة سنوات. ويحصل تكاثر الخلايا بطريقين يعرفان بالانقسام الفتيلي والانقسام المنصف. فالخلايا الفتيلية التكاثر تشمل خلايا الجسم المعتادة وفيها تتضاعف الكروموسومات بالانقسام طولياً، ومن ثم تنقسم الخلية الأصلية إلى خليتين جديدتين كلاهما تشبه الخلية الأم. أما في الانقسام المنصف فهو نوع

خاص من الانقسام يحدث عند تكون الخلايا التناسلية أي الحيوان المنوي في الذكر والبويضة في الأنثى، ويحدث هذا الانقسام مرة واحدة في دورة حياة الخلية وفي الخلايا التناسلية فقط. في التكاثر الجنسي يتحد الحيوان المنوي مع البويضة وتتحد الكروموسومات لتكوين خلية جديدة تحوي المواد المورثة من كلا الوالدين، وتتكون بذلك الخلية المخصبة ومن ثم الذرية من هذه الخلية الوحيدة.

5-1.1 الجسيمات الأولية Elementary Particles

كان الاعتقاد السائد استناداً على النتائج المتوفرة لدى الباحثين حتى الثلث الأول من القرن العشرين تقريباً أن الجسيمات الأولية المعروفة هي البروتونات، النيوترونات، الإلكترونات والنيوترينونات بالإضافة إلى الكم الكهرومغناطيسي، الفوتون. الكون كما نعرفه اليوم يظهر أنه يتكون بالفعل كلية من هذه الجسيمات. وعلى أي حال، الحاجة إلى فهم تفاصيل القوة النووية بين البروتونات والنيوترونات وأيضاً التسابق من أجل اكتشاف الجسيمات غير المستقرة الجديدة والتي شوهدت في الأشعة الكونية أدى إلى تصميم معجلات أضخم لمشاهدة مئات كثيرة من حالات الجسيمات الجديدة، وتلك الجسيمات التي يطلق عليها الهادرونات **Hadrons** (الجسيمات قوية التفاعل) تكون غير مستقرة في الظروف المحيطة بالأرض ولكنها من ناحية أخرى أساسية مثلها مثل البروتون والنيوترون. سنعطى نبذة مختصرة عن تركيب وخصائص الجسيمات الأولية التي سيأتي ذكرها في نظرية الانفجار العظيم.

تتكون المادة من نوعين أساسيين من الفرميون **fermion** يطلق عليهما الليبتونات والكواركات **Liptons & Quarks** وليس لهما أبعاد وتشبه النقطة بمقياس 10^{-17}m. وتحمل الكواركات كسراً من الشحنة (-1/3e أو 2/3e +) أما الليبتون، مثل البروتون والنيوترون يحمل عدداً صحيحاً من الشحنة وتتكون كل من البروتونات والنيوترونات من ثلاثة كواركات.

1- الكواركات Quarks

يرجع اكتشاف الكواركات للفيزيائيين Murray Gell – Mann and George Zwerig. الكواركات هي جسيمات المادة الأساسية، وتتكون منها البروتونات والنيوترونات والهادرونات الأخرى. يوجد ستة أنواع مختلفة منها، ويطلق على كل نوع فلافر Flavor، ويرمز لها بالأحرف t, s, c, d, u, b وهي الأحرف الأولى من الكلمات الإفرنجية، قاع bottom، فوق up، تحت down، جذاب charm، غريب strange قمة top على التوالي . كواركات u, d هي أخفها ولها تقريباً نفس الكتلة (في حدود $1Mev/c^2$). يحتوى الجدول على شحنة وكتلة كل نوع منها. والكواركات u,d هي اللبنات البنائية الأساسية للبروتونات والنيوترونات. وتتكون النيوترونات والبروتونات من كواركات u, d وبالتالي فإن تقارب كتلتي البروتون والنيوترون تعود إلى تقارب كتلتي كواركات u, d. البروتونات والنيوترونات لهما نفس التفاعل القوي مع الكواركات الأخرى وتختلفان فقط في شحنتهم الكهربائية وبالتالي التفاعلات الكهرومغناطيسية.

الشحنة الكهربائية (e)	الكتلة (GeV/c^2)	الفلافر Flavor	
+2/3	0.004	up	u
-1/3	0.008	down	d
+2/3	1.5	charm	c
-1/3	0.15	strange	s
+2/3	176	top	t
-1/3	4.7	bottom	b

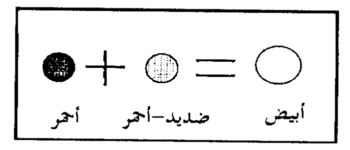
الجدول يبين أنواع الكواركات.

كتلة الكواركات Quark Mass

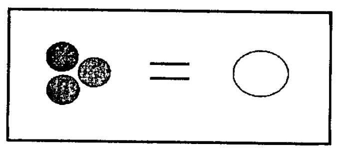
توجد الكواركات فقط داخل الهادرونات لذلك فإنها لا تستطيع الوجود منفردة والسبب في ذلك وجود قوى هائلة تربطها ببعض داخل الجسيمات مما يمنع خروجها فرادى وتسمى هذه القوى قوى اللون Colour Forces (أو شحنة

اللون). إذن فنحن لا نستطيع قياس كتلتها بواسطة فصلها. علاوة على ذلك تساهم طاقة حركة وطاقة جهد الكواركات في كتلة الهادرونات نتيجة التفاعلات القوية.

يتكون البروتون من اثنين من الكوارك (فوق) زائد كوارك واحد تحت وهذا يعطى شحنة 1+ أما النيوترون يتكون من اثنين تحت وواحد فوق لتصبح الشحنة صفراً. المادة الاعتيادية تتكون من كواركات فوق وتحت فقط. الكواركات الأخرى يمكن إنتاجها فقط في معجلات الجسيم وتتحلل بسرعة إلى هذين النوعين.



باى ميزون تحتوي على كواركين فقط

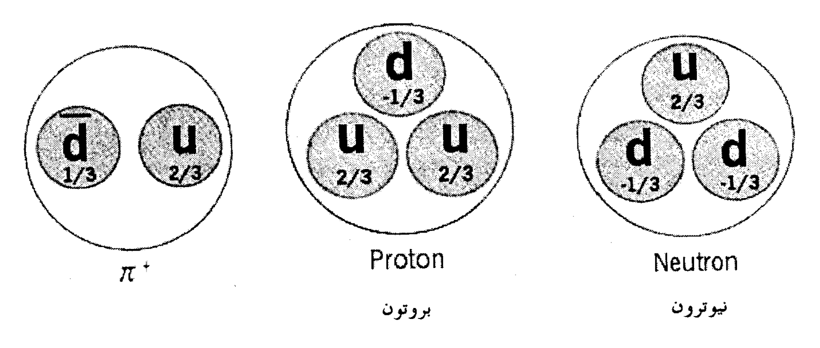


البروتونات والنيوترونات تحتوي على ثلاثة كواركات

شكل (6) يبين الكواركات

تمتلك الكواركات، طبقاً لنظرية ديناميكا اللون الكمية (QCD) Quantum Chromodynamics خاصية أخرى تسمى شحنة اللون Color Charge (ولكن هذه لا تمت بصلة للألوان المألوفة لكنها صفات مميزة للمواد، جميع الجسيمات لا لون لها). وبدلا من النوعين المختلفين من الشحنة (مثل + أو – في الكهرومغناطيسية) تأتي شحنة اللون في ثلاثة أنواع أحمر، أخضر وأزرق (يمكن أن تكون 6 إذا حسبنا الشحنات الضديدة). نظرياً، يمكن أن توجد جسيمات متعادلة اللون. وتسمى الجسيمات التي تتكون من كوارك واحد أحمر، وواحد أخضر وواحد أزرق باريونات Baryons، البروتون والنيوترون من أهم الأمثلة. الجسيمات التي تتكون من كوارك وكوارك ضديد له اللون المضاد المقابل تسمى ميزونات.

الجسيمات ذات شحنات اللون المختلفة تتجاذب وتلك ذات شحنات اللون المتشابهة تتنافر بالقوة النووية القوية. ويفسر وجود قوى اللون بين الكواركات إلى رابطة قوية يحدثها تبادل الكواركات فيما بينها لجسيم معين يطلق عليه جلون **Gluon** وهذا الجسيم في حد ذاته يحمل شحنة لون يأخذها معه عند انتقاله من كوارك إلى آخر تاركاً الكوارك الأول بلون آخر. هذا التبادل لشحنة اللون يعتقد أنه السبب في القوة النووية القوية التي تمسك الكواركات ببعضها في الميزونات والباريونات والتأثير الثانوي لهذه القوة النووية هو مسك البروتونات والنيوترونات ببعضها في النوى الذرية. كنتيجة لطبيعة القوة الهائلة لهذه القوة



شكل (7) يبين اتحاد الكواركات في البروتونات والنيوترونات .

النووية القوية، لا توجد الكواركات أبداً حرة – أي لا يمكن أن توجد فرادى فهي دائماً مرتبطة في ميزونات أو باريونات. إذا حاولنا فصل الكواركات في الميزون أو الباريون كما يحدث في معجلات الجسيمات، تصبح القوة القوية في الواقع أقوى كلما ابتعدت أكثر عن بعضها.

بالنسبة للهادرونات المتكونة من أنواع الكواركات الخفيفة، تساهم كتلة الكوارك مساهمة صغيرة في كتلة الهادرون الكلية، فمثلاً، كتلة البروتون

وكوارك واحد تحت Down quark ($0.02Gev/c^2$)

وكوارك واحد تحت Down quark ($0.02Gev/c^2$)

2-الليبتونات Leptons

تحمل الليبتونات عدداً صحيحاً من الشحنة ، صفر أو |e|± وثلاثة أنواع من كل منها معروف كما في شكل (8). والليبتونات المتعادلة يطلق عليها نيوترينو Nutrinos وكتلتها الساكنة Restmass صغيرة جداً أو صفر. والليبتونات المشحونة هي الإلكترون (e)، ميون Muon (μ) والتاو(τ) Tauوأضدادها. ويطلق على الليبتونات المتعادلة النيوترينو (n) Neutrinos. يبين الجدول خواص هذه الجسيمات. ويلاحظ أن عدد الليبتونات ستة، الإلكترونات والميون والتاوالنيوترينونات المصاحبة لها. وواضح أن التاو أكبرها جميعاً في الكتلة. ويمكن تمثيل ذلك كما في الشكل (8).

الكتلة			
0.000511 GeV/C^2	○	e	الإلكترون
0.1066 GeV/C^2		μ	ميون
1.777 GeV/C^2		τ	تاو

شكل (8) يبين كتل وطاقات الإلكترونات والميونات والتاو .

الميزون Meson

هو هادرون بالتركيب الأساسي لواحد كوارك وواحد ضديد الكوارك.

الجدول التالي يوضح بعض خصائص الليبتونات

الجسيمات	الرمز	الجسيمات المضادة	الكتلة الساكنة MeV/c^2	L (e)	L (muon)	L (tau)	زمن الحياة بالثواني
إلكترون	e^-	e^+	0.511	+1	0	0	ساكن
نيوترينو (إلكترون)	υ_e	$\acute{\upsilon}_e$	0 (<7x10^-6)	+1	0	0	ساكن
ميون	μ^-	μ^+	105.7	0	+1	0	2.20x10^-6
نيوترينو (ميون)	υ_μ	$\acute{\upsilon}_\mu$	0 (<0.27)	0	+1	0	ساكن
تاو	τ^-	τ^+	1777	0	0	+1	2.96x10^-13
نيوترينو (تاو)	υ_τ	$\acute{\upsilon}$	0 (<31)	0	0	+1	ساكن

3- الإلكترون والبوزيترون Electron and Positron

بصفته أحد الليتونات يعتبر الإلكترون من الجسيمات الأساسية وهو فيرميون Fermion غزله ½، لذا فهو يخضع لقاعدة الاستبعاد لباولي. والبوزيترون هو ضديد الإلكترون يماثله في الكتلة ولكن شحنته موجبة. إذا تصادم الإلكترون والبوزيترون يفنى كل منهما الآخر مع إنتاج إشعاع جاما.

الجسيمات المضادة Antiparticles

في فيزياء الجسيم، كل جسيم يقابله جسيم مضاد. الجسيم وضديده يتساويان في الكتلة والغزل (اللف Spin). ولكن يختلفان في إشارة الشحنة.

المادة وضديدها Matter and Antimatter

تدعى الجسيمات مثل البروتونات والنيوترونات والإلكترونات جسيمات المادة وأضدادها تدعى المادة الضديدة. وتعبير المادة يمتد ليشمل:

1- كل الكواركات ذات شحنات +2/3,-1/3

2– كل الليبتونات السالبة الشحنة.

3– نيوترون اليد اليسرى.

المادة الضديدة هي أي جسيم يتكون من:

1– الكواركات المضادة Antiquarks (الشحنات +1/3 or -2/3)

2– الليبتونات موجبة الشحنة.

3– نيوترونات اليد اليمنى.

الجسيم المكون من كواركات مثل باريون تدعى مادة. بالمثل الجسيم المكون من كواركات ضديدة مثل الباريون ضديد يدعى المادة الضديدة.

الفناء Annihilation

هي العملية التي فيها يتصادم الجسيم مع الجسيم الضديد فيفنى كل منهما الآخر ثم يختفيان معا وينتج عن ذلك طاقة.

الباريون Baryon

يتكون الهادرون من ثلاثة كواركات كل من البروتون والنيوترون كليهما باريون. وضديد البروتون والنيوترون هي ضديد الباريون.

2.1 الطاقة The Energy

يعرف العلماء الطاقة ببساطة على أنها القدرة على بذل شغل، وأي شيء له قدرة على دفع مادة من مكان إلى آخر يكون له طاقة.

تظهر الطاقة في أشكال متنوعة. يقترح التعريف البسيط لأنواع الطاقة وجود شكلين للطاقة. طاقة الحركة وطاقة الوضع (الجهد)، طاقة الحركة هي تلك الطاقة الذاتية في الجسم المكتسب حركة، سقوط صخرة من ربوة شاهقة، حركة أوراق الشجر نتيجة هبوب الرياح، وسقوط المياه من الشلالات، كلها أمثلة على

طاقة الحركة. كمية الحركة الموجودة في جسم تساوى حاصل ضرب نصف كتلته في مربع سرعته، $½\ mv^2$. طاقة الوضع هي الطاقة الذاتية التي يختزنها الجسم وليست نتيجة لحركته، لكن بسبب موضعه بالنسبة لأجسام أخرى ويمكن تحويلها إلى أي شكل آخر من الطاقة. الماء المخزون خلف السدود والطاقة الكيميائية في الغذاء المأكول والجازولين الذي نستخدمه في السيارات كلها أمثلة لطاقة الوضع. يحدث تحول هذه الطاقة عندما تستخدم طاقة الغذاء في عملية الهضم، وعندما يتدفق الماء خلف السد خلال التوربينات لينتج كهرباء من الحركة، وعندما ينتج الجازولين المستخدم في الآلة حركة من الاحتراق. بعض الأشكال الأخرى من الطاقة تشمل الحرارة والكهرباء، الصوت وطاقة التفاعلات الكيميائية، التجاذب المغناطيسي، التفاعلات الذرية والضوء.

تعريفات بعض الأنواع من هذه الطاقة هي كما يلي:

الإشعاع: هو انبعاث وانتشار الطاقة في شكل موجات كهرومغناطيسية.

الطاقة الكيميائية: هي الطاقة المستعملة أو المحررة من التفاعلات الكيميائية.

الطاقة الذرية: هي الطاقة المحررة من نواة الذرة على حساب كتلتها.

الطاقة الكهرومغناطيسية: هي الطاقة المخزونة في الموجات الكهرومغناطيسية أو الأشعة. وتحرر الطاقة عندما تمتص الموجات بسطح ما. وأي جسم عند درجة حرارة أعلى من الصفر المطلق 273^o - يبعث هذا النوع من الطاقة وتكون شدة الطاقة المنطلقة دالة لدرجة حرارة السطح المشع. كلما كانت درجة الحرارة أعلى كلما كانت كمية الطاقة المنطلقة أكبر.

الطاقة الكهربائية: هي الطاقة الناتجة عن القوة بين جسمين لهما الخاصية الفيزيائية للشحنة.

الطاقة الحرارية: هي شكل من أشكال الطاقة يمثل الطاقة الداخلية لحركات الذرات والجزيئات في الجسم.

تنتقل الطاقة على الأرض بطرق ثلاثة أساسية هي: التوصيل والحمل والإشعاع. يتكون التوصيل من الطاقة المنقولة مباشرة من جزيء إلى جزيء ويمثل تدفق الطاقة خلال تدرج حراري Temperature Gradient ويتضمن الحمل نقل الطاقة بواسطة الحركات الرأسية لكتل الوسط الذي تنتقل خلاله الحرارة (يسمى الانتقال الأفقي Advection التأفق أي الانتقال الحراري في الاتجاه الأفقي). هذا التبادل بالحركات الكتلية في حركة الكتلة نراه عادة في الفقاعات المتصاعدة المعروفة باسم تيارات الحمل. توجد تيارات الحمل فقط في حالة الغازات والسوائل وذلك لأن جزيئاتها حرة الحركة وتعتمد آلية التوصيل والحمل على الوسط المادي. هذا الوسط يمكن أن يكون غازياً أو سائلاً أو صلباً. الإشعاع هو الوسيلة الوحيدة لانتقال الطاقة خلال الفضاء دون مساعدة الوسط المادي. وهو أعظم مصدر للطاقة على الأرض.

1-2.1 الطاقة، درجة الحرارة والحرارة
Energy, Temperature and Heat

نحن نعلم أن الطاقة يمكن أن تأخذ أشكالاً عديدة. وأحد أشكال الطاقة المهمة بالنسبة للحياة على الأرض هو طاقة الحركة وقد عرفناها ببساطة على أنها الطاقة المكتسبة عن الحركة. وتعتمد كمية طاقة الحركة التي يمتلكها الجسم على سرعة حركته وكتلته. بالقياس الذرى طاقة حركة الذرات والجزيئات يقصد بها أحياناً طاقة الحرارة Heat Energy وطاقة الحركة ترتبط أيضاً بمفهوم درجة الحرارة. تعرف درجة الحرارة كمقياس لمتوسط سرعة الذرات والجزيئات. فعندما تكون درجة الحرارة أعلى تكون حركة هذه الجسيمات من المادة أسرع. عند درجة حرارة الصفر المطلق -273^{o} درجة مئوية تتوقف كل الحركات الذرية. تعرف الحرارة في الغالب كطاقة في عملية انتقالها من جسم إلى آخر بسبب الفرق في درجة الحرارة بينهما. وكما أشرنا من قبل تنتقل الحرارة عادة في الجو بالتوصيل، الحمل، التأفق (Advection انتقال الحرارة أفقيا) والإشعاع.

وبعض التعريفات الأخرى المتصلة بالطاقة هي:

السعة الحرارية Heat Capacity

السعة الحرارية لمادة هي نسبة كمية الطاقة الحرارية الممتصة بتلك المادة إلى الارتفاع في درجة حرارتها المقابلة لذلك.

الحرارة النوعية Specific Heat

هي السعة الحرارية لوحدة كتلة من المادة أو هي الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة واحد جرام من المادة درجة واحدة مئوية **Celsius**.

الحرارة المحسوسة Sensible Heat

هي الحرارة التي يمكن قياسها بالترمومتر ويحسها الإنسان. وتوجد عدة تدريجات مختلفة لقياس درجة الحرارة المحسوسة والأكثر شيوعا هي التدريج المئوي **Celius** والتدريج الفهرهيتي **Fahrenheit** وتدريج الكلفن **Kelvin**.

الحرارة الكامنة Latent Heat

هي الطاقة اللازمة لتغيير حالة المادة إلى حالة أعلى. وهذه الطاقة نفسها تنطلق من المادة عندما ينعكس تغير الحالة.

قياس الطاقة Measurement of Energy

يوجد نظامان للوحدات المستخدمة في قياس الطاقة وهما النظام المتري (النظام الدولي) والنظام الإنجليزي.

تشتق وحدات الطاقة المستخدمة في هذين النظامين من التعريف التقني للطاقة الذي يستخدمه الفيزيائيون. ينص هذا التعريف على أن الطاقة يمكن تمثيلها بالمعادلة البسيطة التالية:

الشغل = القوة X المسافة

ينظر الفيزيائيون إلى الطاقة على أنها القدرة على بذل الشغل ويعرفون الشغل على أنه القوة المطبقة على الجسم مضروبة في المسافة التي يتحركها الجسم ويصف الفيزيائيون عادة القوة بوحدة قياس تعرف بالنيوتن. والنيوتن هو القوة اللازمة لتحريك (أو تسريع) كتلة وزنها واحد كيلوجرام مسافة متر واحد في ثانية واحدة في الفراغ دون أي احتكاك. الشغل أو الطاقة اللازمة لتحريك جسم ما بقوة واحد نيوتن لمسافة متر واحد تسمى جول.

الوحدات الأخرى لقياس الطاقة والتي يمكن أن تقابلها في الكتب هي:

السعر (**Calorie**): هو كمية الحرارة اللازمة لرفع واحد جرام من الماء النقي من **14.5 °C** إلى **15.5 °C** درجة مئوية عند الضغط الجوي العياري. والسعر الواحد يساوي **Joules 4.1855** جول. واختصار كلمة **Calorie** هو **Cal**. والكيلو كالورى يساوي **1000** كالورى (الكيلو سعر يساوي **1000** سعر) واختصار **Kilo Calorie** هو **Kcal** ويساوي **4185** جول.

الوحدة الحرارية البريطانية (**Btu**): هي كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء درجة واحدة فهرنهيتية **Fahrenheit**.

ليمان **Langley (Lymin^{-1})**: وحدة شدة الأشعة مقاسة لكل دقيقة وتساوى واحد كالورى (سعر).

الواط **(Wm.$^{-2}$)-Watt**: وحدة مترية لقياس شدة الأشعة بالواط على سطح متر مربع. والواط يساوي واحد جول من الشغل لكل ثانية. والكيلو واط يساوي **1000** واط. وواحد **Langley min^{-1}** يكافئ **697.3Wm^{-2}**.

قوانين الديناميكا الحرارية Laws of Thermodynamics

مجال الديناميكا الحرارية يدرس سلوك سريان الطاقة في الأنظمة الطبيعية. من هذه الدراسة تم استخلاص عدد من القوانين الفيزيائية. قوانين الديناميكا الحرارية تصف بعض الحقائق الأساسية التي نلاحظها في كوننا.

القانون الأول للديناميكا الحرارية

First Law of Thermodynamic

يعرف هذا القانون في الغالب بقانون بقاء الطاقة. وينص على أن الطاقة يمكن أن تنتقل من نظام إلى آخر في أشكال عديدة. على أي حال، الطاقة لا يمكن أن تفنى أو تستحدث، لذا فإن الكمية الكلية للطاقة المتاحة في الكون تكون ثابتة. معادلة أينشتين الشهيرة المذكورة أدناه تصف العلاقة بين الطاقة والمادة.

$$E = MC^2$$

في هذه المعادلة الطاقة E تساوى المادة M مضروبة في مربع الثابت C. اقترح أينشتين أن الطاقة والمادة يتغيران فيما بينهما. وتقترح المعادلة أيضاً أن كمية الطاقة والمادة في الكون ثابتة.

القانون الثاني للديناميكا الحرارية

Second Law of Thermodynamics

الحرارة لا يمكن مرورها تلقائياً **Spontaneously** من جسم بارد إلى جسم أسخن. نتيجة لتلك الحقيقة يجب أن تكون العمليات الطبيعية التي تتضمن انتقال الطاقة ذات اتجاه واحد وكل العمليات الطبيعية تكون غير عكسية. هذا القانون يكشف أيضاً أن الطاقة لنظام معزول تزيد دائماً مع الزمن. الأنتروبيا **Entropy** هي مقياس للتشوه أو العشوائية (لخبطة أو عشوائية الطاقة والمادة) في النظام وبسبب القانون الثاني للديناميكا الحرارية كل من المادة والطاقة في الكون يصبحان أقل فائدة مع مرور الزمن. الترتيب المثالي أو النموذجي في الكون حدث

في لحظة بعد الانفجار العظيم عندما كانت الطاقة والمادة وكل قوى الكون متحدة.

القانون الثالث للديناميكا الحرارية
Third Law of Thermodynamics

ينص القانون الثالث للديناميكا الحرارية على أن كل حركة حرارية للجزيئات (طاقة الحركة) يمكن إيقافها، ويطلق على هذه حالة الصفر المطلق. الصفر المطلق ينتج عند درجة حرارة صفر كلفن أو $-273^{o}C$

الصفر المطلق = صفر كلفن = -273 Celsius

الكون يصل إلى الصفر المطلق عندما توزع كل الطاقة والمادة عشوائياً عبر الفضاء. درجة الحرارة الحالية للفضاء في الكون هي حوالي 7. 2 كلفن.

2-2.1 الطاقة والحياة Energy and Life

إن الحياة الحيوانية كما نعلم تعتمد – على نحو قاطع – على الحياة النباتية. السبب في ذلك هو أن الحيوانات تنال طاقتها الغذائية عبر تأكسد الطعام المنتج نباتياً. إذ تقدر النباتات على تخليق ذلك الطعام، في صورة كربوهيدرات على نطاق واسع، عبر استخدام طاقة الشمس في عملية تعرف بالتمثيل الضوئي. أثبت العلماء أنه إذا توقف التمثيل الضوئي تماماً، فإن الحياة الحيوانية كلها (بما فيها البشرية) سوف تموت في مدى (25) سنة. وبذلك يعتبر التمثيل الضوئي ذو أهمية حيوية بالنسبة لنا جميعاً.

اقتناص واستعمال الطاقة في الأنظمة الحية يتم بعمليتين: في التمثيل الضوئي أو التخليق الضوئي **Photosynthesis** والتنفس **Respiration**، خلال هاتين العمليتين تكون الكائنات الحية قادرة على اقتناص واستعمال كل الطاقة التي تحتاجها لأنشطتها.

التمثيل الضوئي Photosynthesis

النباتات يمكنها اقتناص الطاقة الكهرومغناطيسية من الشمس بواسطة عملية كيميائية تسمى التمثيل الضوئي. هذه العملية الكيميائية يمكن وصفها بالمعادلة البسيطة التالية:

$$6CO_2 + 6H_2O + \text{Light Energy} = C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

ناتج التمثيل الضوئي هو جلوكوز كربوهيدرات والأكسجين الذي ينطلق إلى الجو. وينتج كل سكر الجلوكوز في خلايا النبات التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي وأيضا بواسطة بعض الكائنات الحية الأخرى، فمن المعروف أن ضوء الشمس يمتص بواسطة صبغ أخضر طبيعي يعرف بالكلوروفيل ويحولها إلى طاقة كيميائية. ينتج الجلوكوز بالاتحاد الكيميائي لثاني أكسيد الكربون والماء مع ضوء الشمس. السكريات الناتجة في التمثيل الضوئي يمكن أن تتحول فيما بعد بواسطة النبات إلى نشا للتخزين أو يمكن أن تتحد مع جزيئات سكر أخرى لتكون كربوهيدرات متخصصة مثل السليولوز أو يمكنها أن تتحد مع بعض Nutrients مثل النيتروجين والفوسفور والكبريت لبناء جزيئات معقدة مثل البروتونات والأحماض النووية. ولأن كل الطاقة المثبتة بالنبات تتحول إلى سكر يكون من الممكن نظرياً تعيين طاقة النبات المأخوذة بقياس كمية السكر الناتجة.

عموماً الحيوانات لا تستطيع إنتاج طاقتها الخاصة بواسطة التمثيل الضوئي. بدلاً من ذلك فإنها تقتنص طاقتها من الاستهلاك و التمثيل الغذائي للكتلة الحيوية للنبات أو الحيوانات الأخرى. لذلك تحصل الحيوانات على طاقتها التي تحتاجها لصيانة أنسجة أجسامها، نموها وتكاثرها بطريقة غير مباشرة من نظام التمثيل الضوئي.

التنفس Respiration

تأكسد السكر بالكائنات يسمى التنفس هذه العملية توجد في كل النباتات والحيوانات. في معظم الكائنات التنفس يحرر الطاقة اللازمة في كل عمليات الأيض Metabolic هذا التفاعل الكيميائي يمكن وصفه بالمعادلة البسيطة التالية:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O + \text{Released Energy}$$

أحد منتجات التنفس هي الطاقة التي تنطلــق عــن طريــق التحلــل الكيميــائي للجلوكوز والمنتجات الأخرى في هذا التفاعل الكيميائي هي ثــاني أكســيد الكربــون والماء.

نشأة الكون

1.2 مقدمة

علم الكونيات هو علم دراسة الكون ككل - تركيبه، أصله وتطوره. بنو البشر يعرفون - بكل تأكيد - أن كوننا موجود ولكن هذه المعرفة وحدها ليست على أي حال من الأحوال كافية لإشباع فضولهم فهم يبحثون عن إجابات للعديد من التساؤلات التي تدور في رءوسهم ومنها:

- كيف بدأ كوننا، وكم عمره، كيف ومن أين جاءت المادة الموجودة فيه؟
- هل الكون محدود أم لا نهائي في الامتداد والمحتوى؟
- هل هو مخلوق؟
- إذا كان الجواب بالنفي فكيف أتى؟ وإذا كانت الإجابة نعم فكيف تم هذا التخليق وما هي آليات وأحداث هذا التخليق؟
- من أو ما الذي يحكم قوانين وثوابت الفيزياء؟ - هل هذه القوانين ناتجة عن الصدفة أم هي من تصميم خالق؟

من الواضح أن الإجابة على هذه الأسئلة ليست سهلة، وعلى مدى تاريخنا القصير على هذا الكوكب بذل كثير من علماء الفلك والكونيات والفيزياء جهداً كبيراً في البحث عن الإجابة. ومع ذلك وبالرغم من الجهد المبذول فإن كثيراً من المعلومات التي نعرفها مازالت مجرد افتراضات. لكن النظرية التي أجابت على هذه التساؤلات ولاقت قبولا كبيرا عند الباحثين هي نظرية الانفجار العظيم Big Bang.

2.2 الانفجار العظيم Big Bang

منذ خمس عشرة بليون سنة مضت كان كوننا كله مضغوطاً في حدود نواة ذرة. أو بمعنى آخر كانت كل المادة والطاقة في الفضاء محتواة عند* نقطة واحدة. تلك هي اللحظة قبل النشوء التي لم يكن يوجد عندها زمان ولا فضاء وتعرف بالتفرد Singularity. كانت درجة حرارة هذه الحالة أعلى بلايين المرات من درجة حرارة لب شمسنا وكثافتها تفوق كثافة نواة الذرة بتريليونات المرات. حدث انفجار ضخم يعرف بالانفجار العظيم Big Bang حرر المادة والطاقة المضغوطتين وخلق الفضاء والزمان. بعد الانفجار العظيم مباشرة، كما يمكن أن يتخيل الفرد، كانت درجة حرارة الكون مرتفعة جداً "تريليونات من الدرجات" على أي مقياس حراري نتيجة لاندفاع جسيمات كل من المادة وأضدادها في جميع الاتجاهات. علماء الكون النظريون بالاشتراك مع مشاهدات الفلكيين استطاعوا إعادة بناء الترتيب الزمني الأولى للأحداث المعروفة باسم الانفجار العظيم كما يتضح فيما يلي.

تفترض نظرية الكم أن اللحظات بعد الانفجار عند 10^{-43} ثانية كانت القوى الطبيعية الأربعة، النووية القوية، النووية الضعيفة، الكهرومغناطيسية والجاذبية متحدة كقوة فائقة واحدة Super Force. وقد كان بالكون كميات في الغالب متساوية من جسيمات المادة وأضدادها. وحيث إن المادة وأضدادها تخلقت معاً في وقت واحد فكانت تتصادم ويفنى بعضها بعضاً منتجة الطاقة التي يعاد منها تخليق الجسيمات الأولية للمادة وأضدادها. كان يوجد اختلاف في هذا التساوي لا تتعدى نسبته جزءاً واحداً لكل بليون. كنتيجة مباشرة لهذا الاختلاف استطاع الكون أن يكتمل بطريقة سمحت بثبوت المادة. عندما بدأ الكون أولاً يتمدد ازداد هذا الاختلاف أكثر فأكثر. والجسيمات التي بدأ لها الغلبة كانت هي جسيمات المادة. كانت جسيمات المادة تنشأ وتفنى دون أن يصاحبها نشوء أو فناء مساو للجسيمات المضادة.

عندما بدأ الكون يتمدد أكثر وتنخفض درجة حرارته شيئاً فشيئاً،

بدأت تتكون الجسيمات الأولية مثل الفوتونات والنيوترينونات Neutrinosوالإلكترونات والكواركات quarks التي أصبحت اللبنات البنائية للمادة والحياة كما نعرفها. أثناء فترة تخليق هذه الجسيمات الأولية لم يكن يوجد جسيمات أثقل معروفة مثل البروتونات أو النيوترونات بسبب استمرار الحرارة الشديدة جداً.

عند هذه اللحظة كان يوجد فقط حساء الكواركات **quarks soup**. وعندما بدأ الكون يتمدد أكثر وتنخفض درجة الحرارة أكثر بدأنا نفهم بوضوح ما الذي يحدث تماماً.

بعد انخفاض درجة حرارة الكون إلى حوالي **3000** بليون درجة كلفن بدأ انتقال جذري **Radical Transition** بعده أصبحت البروتونات والنيوترونات التي يطلق عليها الهادرونات **Hadrons** هي الحالة الشائعة للمادة. ما زال حتى هذه اللحظة وعند هذه الحرارة لم تتكون مواد أكثر تعقيدا. بالرغم أن الجسيمات الأخف والتي يطلق عليها ليبتونات **Leptons** وجدت أيضاً، لأنها لم تدخل في تفاعل مع الهادرونات لتكوين حالات من المادة أكثر تعقيداً. هذه الليبتونات التي تشمل الإلكترونات ونيوترينونات والفوتونات سرعان ما ارتبطت مع هادروناتها الصغيرة فى اتحاد حدد المادة الشائعة فى الوقت الحاضر.

بعد حوالي من دقيقة إلى ثلاث دقائق منذ بداية نشأة الكون بدأت البروتونات والنيوترونات تتفاعل مع بعضها البعض لتكوين الديوتيريم، نظير الهيدروجين. الديوتيريوم أو الهيدروجين الثقيل سرعان ما جمع نيوترون آخر ليكون التريتيم. وبسرعة تلا هذا التفاعل إضافة بروتون آخر نتج عنه تكوين نواة الهليوم. اعتقد العلماء أنه كان يوجد نواة هليوم واحدة لكل عشرة بروتونات أثناء الدقائق الثلاثة الأولى من الكون. بزيادة التبرد كانت هذه الوفرة من البروتونات قادرة على أسر إلكترونا لتخليق الهيدروجين المعروف. نتيجة لذلك يلاحظ أن الكون اليوم يحتوى على ذرة هليوم واحدة لكل عشرة أو أحد عشرة ذرة هيدروجين. وهذا أدى إلى أن كتلة الكون تتكون من **25%** ~ هليوم و

75% ~ من غاز الهيدروجين. وطور التمدد المهم التالي حدث بعد حوالي 30 دقيقة عندما ازداد تخليق الفوتونات نتيجة فناء أزواج الإلكترون – بوزيترون وقد أكدت حقيقة أن الكون بدأ بكثرة طفيفة من الإلكترونات عن البوزيترونات مما مكن كوننا على سلوك الطريق الذي هو عليه الآن.

الكون بعد 300000 سنة سوف يبدأ في التمدد والتبرد إلى درجة حرارة $10000^{o}K$. هذه الظروف سمحت لنوى الهليوم بامتصاص الإلكترونات الحرة السابحة وتكوين ذرات الهليوم. في غضون ذلك كانت ذرات الهيدروجين تترابط معا مكونة الليثيوم. وهنا تمددت كثافة الكون إلى النقطة التي عندها أمكن إدراك الضوء. حتى هذه النقطة استمر أسر الفوتونات داخل المادة. في النهاية سمح التمدد للضوء والمادة كلما قلت كثافة الإشعاع شيئاً فشيئاً أن يسلكا طريقهما منفصلين.

نلخص الأحداث التاريخية فى الجدول التالي كما تصورها الفلكيون:

الزمن	درجة الحرارة ^{o}K	الحدث
3 دقائق	1 بليون	تكون الهليوم من اندماج ذرات الهيدروجين. متوسط كثافة المادة كانت هي كثافة الرصاص.
1 ثانية	5 بليون في كل مكان	ينتهي عصر الليبتونات وثبتت نسبة البروتون للنيوترون: 1 نيوترون لكل 5 بروتونات.
0.0001 ثانية	1 تريليون	ينتهي عصر الكواركات ولأول مرة اتحدت الكواركات فى مجموعات من اثنين أو ثلاثة لتكون نيوترونات أو بروتونات وأنواع أخرى من الجسيمات الثقيلة. كثافة مادة الكون الآن مثل كثافة نواة الذرة.
واحد من بليون من الثانية	ألف تريليون	اتحدت القوى الكهرومغناطيسية والضعيفة معاً في قوة واحدة وازدادت كثافة الكون إلى حد كبير. لم تعد الكواركات وأضدادها محصورة داخل الجسيمات مثل النيوترونات والبروتونات ولكنها الآن جزء من بلازما

الزمن	درجة الحرارة °K	الحدث
		فائقة السخونة من الجسيمات غير المترابطة.
10^{-35} ثانية	عشرة آلاف تريليون تريليون درجة	عصر GUT عندما أصبحت القوى النووية القوية متمايزة عن القوى الضعيفة والكهرومغناطيسية. كثافة المادة حوالي $10^{75}g/cm^3$ رقم يفوق تصور العقل البشري، والإلكترونات والكواركات وأضدادها كانت هي المكونات الأساسية للمادة .

* GUT "Grand Unified Theories".

في عام 1814م لاحظ عالم الأطياف William Wollation فيزيائي إنجليزي العديد من الخطوط المعتمة تفصل الطيف المستمر للشمس. هذه الخطوط جذبت انتباه Joseph von Fraunhofer وهو عالم بصريات وفيزياء ألماني، فرسم بعناية أماكن هذه الخطوط. في عام 1850م طور عالما الفيزياء الألمانيان Robert Bunsen & Gustav Kirchhoff منظار الطيف Spectroscope بعدئذ قاما بتسخين العناصر المختلفة إلى التوهج وباستخدام المطياف حددا العناصر المناظرة للخطوط في الجزء المرئي من الطيف الكهرومغناطيسى.

سنة 1846م اقترح العالم الروسي المولد جورج جامو George Gamow أن الكرة النارية الأولية (Big Bang) كانت تركيزاً مكثفاً من الطاقة النقية، وكانت هي مصدر كل المادة الموجودة حالياً في الكون. وقد اكتشفت النظرية أن كل مجرات الكون تندفع مبتعدة عن بعضها البعض بسرعات ضوئية كنتيجة لهذا الانفجار العظيم الأول. وتعريف نظرية الانفجار العظيم هو: الكون الفيزيائي بأكمله، كل المادة والطاقة وحتى الأبعاد الأربعة للزمان والفضاء تنبثق من حالة لا نهائية أو تقريباً لا نهائية من الكثافة والحرارة والضغط.

عام 1863م سيرويليم هيجنز Sir william Huggins فلكي هاوي شاهد نجماً باستخدام المطياف، ووجد نفس خطوط الطيف التي شوهدت في

شمسنا.

في أثناء ذلك نجح **Kirchoff and Bunsen** في تصنيف خطوط الطيف لعديد من العناصر شملت الهيدروجين والصوديوم والماغنيسيوم. وجد **Huggins** نفس هذه الخطوط الطيفية في النجوم البعيدة التي قد شاهدها وقد تنبأ بأن بعضاً من العناصر نفسها التي صنفها كيرشوف وبيونس كانت منبثقة من الأجسام السماوية.

اكتشف كريستيان دوبلر **Christian Doppler** النمساوي من قبل **20** سنة أن تردد موجة الصوت تعتمد على الموقع النسبي لمصدر الصوت، عندما يتحرك مصدر الصوت بعيداً عن المستمع سوف تنخفض شدته، وبالمثل إذا كان المصدر لا يتحرك ولكن المستمع هو الذي يتحرك سوف يحدث تغير مناظر في تردد موجة الصوت. طبق دوبلر نفس النظرية على إزاحة أمواج الضوء. بعد ذلك في عام **1848**م برهن الفيزيائي الفرنسي **Armand Fizeau** على أنه عندما تتحرك الأجسام السماوية مبتعدة عن المشاهد سوف تزاح خطوط الطيف المرئي في اتجاه النهاية الحمراء. وعلى العكس، وجد فيزو أن خطوط الطيف تنحرف في اتجاه النهاية الزرقاء عندما يتحرك الجسم في اتجاه المشاهد. لاحظ هيجنز إزاحة في خطوط هيدروجين النجم **Sirius** في اتجاه النهاية الحمراء للطيف، هذه الإزاحة الحمراء تدل على أن النجم **Sirius** كان يتحرك بعيداً عنا. بعد سنوات قليلة استطاع حساب السرعة القطرية للنجم **Sirius** بين **36** –**26** ميل في الثانية.

في الوقت الذي كان فيه الفلكيون يجمعون البيانات عن الكون المبنية على الشواهد كان النظريون مشغولين بتطوير النماذج التي تحاول تفسير النظام الكوني. في عام **1917**م حاول ألبرت أينشتين استخدام نظريته الجديدة في النسبية العامة لوصف شكل وتطور الكون. كانت الفكرة السائدة وقتئذ هي أن الكون ساكن لا يتغير. وانتظر أينشتين أن تدعم نظريته النسبية العامة وجهة نظره، أن الكون مستقر، لكن نتائج الحسابات خيبت آماله، وجاءت بعكس ما كان

يأمل. أينشتين كان متأكداً أن الكون مستقر، وقد اضطر لتصحيح معادلته الأصلية إدخال معامل جديد أطلق عليه الثابت الكوني ليلغي به تمدد الكون ويؤكد ثباته واستقراره، ولكن ذلك لم يتحقق وقد أكدت نظريته أن الكون غير ثابت فهو متذبذب، إما أن يتمدد وإما أن ينكمش طبقاً لعدد من القوانين المحددة له، وقد اعترف أينشتين فيما بعد أن هذا أكبر خطأ اقترفه خلال تاريخه العلمي.

أثناء السنوات العشر الأخيرة من القرن التاسع عشر 1890's بدأ مرصد ليك Lick في كاليفورنيا رصد وتسجيل السرعة القطرية لعديد من النجوم وأيضاً السدم Nebulae الكونية الغازية. في السنوات من 1914-1910م أثبت العالم الأمريكي سليفر V.M.Slipher أن معظم المجرات التي قام برصدها خارج مجرتنا درب اللبانة كانت تبتعد عنا وعن بعضها بسرعات كبيرة.

سنة 1929م أثبت العالم الفلكي الأمريكي إدوين هوبل Edwin Hubble أن الكون يتمدد باستمرار وأنه يتمدد في جميع الاتجاهات. وهوبل هو أول فلكي اكتشف مجرة مستقلة خارج حدود مجرتنا سكة اللبانة. اكتشف هوبل علاقة بين سرعة المجرات وبعدها عن الأرض، فكلما كانت المجرة على مسافة أبعد من الأرض كلما كانت سرعتها أكبر أي أن سرعة المجرة تتناسب طردياً مع بعدها عن الأرض. منذ الانفجار العظيم والكون يتمدد باستمرار وهكذا كانت تتسع المسافة بين عناقيد المجرات أكثر فأكثر. ويطلق على ظاهرة تحرك المجرات مبتعدة عن بعضها البعض، الإزاحة الحمراء.

كان Robert Dicke من جامعة برنستون Princeton 1965م أول من بحث عن بقايا حفرية للانفجار الكبير. اقترح Dicke أن الانفجار الكبير انبثق من كون سابق وأن درجة حرارة تزيد عن واحد بليون درجة كانت لازمة لتخليق كوننا الجديد. هذه الطاقة أنتجت كمية لانهائية من الإشعاع الذي يمكن قياسه حتى اليوم. وبناء على قانون بلانك الذي ينص على أن كل الأجسام تبعث طاقة كهرومغناطيسية بأطوال موجية تبدأ بأشعة X حتى أشعة الراديو ويعتمد الطول الموجي لها على العناصر المكونة للجسم وكميتها ومساحة سطح ودرجة حرارة

الجسم. الجسم الذي يشع الكمية الأكبر من الطاقة هو الذي يقال له الجسم الأسود. باستخدام منحنيات بلانك للجسم الأسود كدليل استنتج Dicke أن الخلفية الإشعاعية الكونية CBR للانفجار الكبير ينبغي أن تكون عند حوالي ثلاث درجات فوق الصفر المطلق. استنتج Jim Peebles زميل Dicke أيضاً أنه عندما بردت بقايا الكرة النارية إلى 3000 درجة كلفن تمكنت النوى من التكوين وأيضاً تمكن الهليوم من التكوين من الهيدروجين.

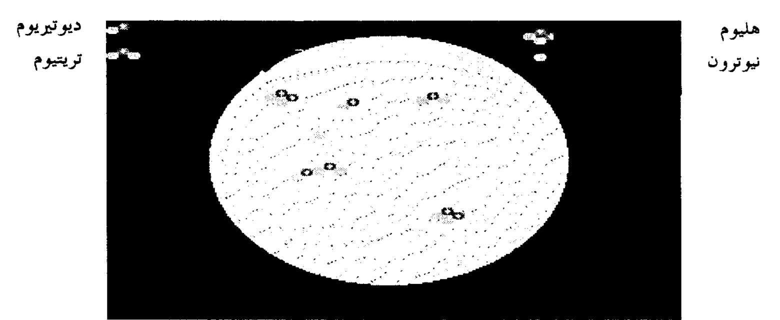
هكذا يصبح في الكون خليط هو تقريباً 75% هيدروجين و 25% هليوم وهذه النسبة هي نفس النسبة التي وجدت في الشمس. Beebles استنتج أن العنصرين الغالبين في الكون قد تكونا عندما كان الكون عند $3000^{o}K$ وحيث إن الكون بعدئذ تمدد بمعامل ألف كان الإشعاع من الانفجار الكبير عند درجة حرارة حوالي $10^{o}K$. التعديلات التي أدخلت بعد ذلك على هذه المعادلات عدلت درجة الحرارة المحسوبة إلى $3^{o}K$. Dicke و Beebles كانا واثقين أن هناك أجهزة كانت هي الأولى لكشف الخلفية الإشعاعية الكونية، في نفس الوقت Penzias و Wilson كانا مشغولين في محاولة لكشف الموجات الميكرونية من الفضاء الخارجي، اكتشفا ضوضاء (أزيز) من مصدر خارج الأرض، هذه الضوضاء لم تبدو أنها منبثقة من موقع واحد لكنها بدلاً من ذلك كانت تأتي من جميع الاتجاهات في نفس الوقت. قد بدا من الواضح أن الذي سمعوه كان إشعاعا قادماً من بعيد والذي بقي بعد الانفجار الكبير. وقد أثبت هذا الاكتشاف صحة نظرية الانفجار العظيم. هذا الاكتشاف في الوقت الذي ساد فيه الاعتقاد الخاطئ بأزلية الكون بلا بداية ولا نهاية، وعدم محدوديته إلى ما لانهاية، وسكونه وثباته (أي عدم حركته، على الرغم من حركة بعض الأجرام فيه)، بمعنى أن هذا الكون اللانهائي الساكن كان موجوداً منذ الأزل، وسيبقى إلى الأبد.

تخليق النوى في الكون الباكر

Nucleosynthesis in the Early Universe

يشير مصطلح تخليق النوى إلى تكوين العناصر الأثقل، نوى الذرات متعددة البروتونات والنيوترونات، من اندماج العناصر الأخف. تنبأت نظرية الانفجار العظيم Big Bang بأن الكون الباكر كان مكاناً ساخناً جداً، وبعد ثانية واحدة من الانفجار العظيم كانت درجة الحرارة تقريباً 10 بليون درجة وكان مملوءاً ببحر من النيوترونات والبروتونات والإلكترونات، وأضداد الإلكترونات (البوزترونات) والفوتونات والنيوترينونات. وعندما تبرد الكون، إما أن النيوترونات انحلت إلى بروتونات وإلكترونات أو أنها اتحدت مع بروتونات لتكون الديوتيريوم (نظير الهيدروجين). أثناء الثلاث دقائق الأولى من عمر الكون شكل (9)، اتحد معظم الديوتيريوم ليكون الهليوم ، عند هذا الوقت نتجت كميات شحيحة من الليثيوم. هذه العملية لتكوين العناصر الخفيفة في الكون الباكر يطلق عليها تخليق نوى الانفجار العظيم Big Bang Nucleosynthesis (BBN).

تعتمد الوفرة المكثفة من الديوتيريوم والهليوم والليثيوم على كثافة المادة الاعتيادية الموجودة في الكون الباكر. توضح النتائج أن المردود من الهليوم لا يكون بعد عتبة معينة Threshold، حساساً نسبياً لكمية المادة الاعتيادية. النسبة المتوقعة من الهليوم في الجو من المادة الاعتيادية من الانفجار العظيم هي حوالي 24%. العناصر الأثقل من الليثيوم تكونت جميعها في النجوم، فالنجوم كبيرة الكتلة تحرق الهليوم إلى كربون، أكسجين، سيليكون، كبريت وحديد. العناصر الأثقل من الحديد نتجت بطريقتين في الأغلفة الخارجية للنجوم العملاقة وفى انفجار فوق المستعر Supernova. كل الحياة المبنية على الكربون على الأرض تتكون من تراب النجوم Star Dust.



شكل (9) يبين الاندماج النووي

3.2 تمدد الكون Expansion of the Universe

من دراسة حركة المجرات أثبت العلماء أنها جميعاً تتحــرك مبتعــدة عــن بعضــها البعض. من السهل الاستنتاج أنه عند زمن ما في الماضــي كانــت أقــرب كــثيراً مــن بعضها عن ما هي عليه الآن. وعلم الكونيات يدرس أصــل وتطــور الكــون، النظريــة التي تلقى قبولا الآن هي **Big Bang** الانفجار العظيم. ترى هــذه النظريــة أنــه عنــد حوالي **15** بليون سنة مضت كانت كل المادة والفضــاء الــتي يتكــون منــها الكــون مركزة في حجم صغير جداً. وتنص النظرية على أن الكــون أتــى إلى الوجــود بحجــم صغير جداً مملوءاً بالطاقة التي أعطت الكون حــرارة مرتفعــة للغايــة. وعنــدما تمــدد الكون تكونت الجسيمات الذرية الأساسية كخليط، الغلبــة فيــه كانــت للهيــدروجين مع بعض الهليوم وفى الغالب لاشيء آخر.

لقد أثبت هوبل من طيف المجرات، أنه كان هناك زيادة في سرعة الانطلاق مع المسافة. والاستنتاج من ذلك هو أن الكون يتوسع أو يتمدد وأن سكة اللبانة كانت واحدة من العدد الضخم من المجرات وأنها مثل الشمس، ليس لها مكان خاص في مجموعة المجرات.

من مشاهدات المجــرات باســتخدام الأطــوال الموجيــة الضــوئية (البصــرية **Optical**) لم يكن من الممكن إيجاد تأثيرات متقدمة ولــذلك فــإن الافتراضــات بــأن الكون كان في حالة ثابتة كانــت شــبه مقبولــة. وبفضــل التليســكوب الراديــوى

الضخم وجد أنه كان يوجد عدد من المجرات أكثر عن ما هو متوقع في الكون الثابت. في الحقيقة لقد تبين أنه من المحتمل أن كل المجرات بدأت من حجم صغير جداً – الانفجار العظيم – هذه النظرية لاقت دعماً كبيراً عندما اكتشفت الأشعة عند $3^{o}K$ خلفية الأشعة فوق البنفسجية الكونية – قادمة من جميع الاتجاهات في الفضاء. هذه الأشعة قد ثبت أنها بقايا من الزمن الباكر جداً من عمر الكون قبل أن تتكون المادة عندما كان الكون مازال مملوءاً بالإشعاع الساخن.

4.2 خلفية الموجات الميكرونية الكونية

Cosmic Microwave Background CMB

الموجات الميكرونية (الميكروويف) هو الاسم الذي يطلق على الجزء من الأشعة الكهرومغناطيسية الواقع بين منطقة تحت الحمراء ومنطقة الراديو، طولها الموجي في المدى من واحد ملليمتر إلى عشرة سنتيمترات. يمكن استخدام أطوال موجية معينة منها في إثارة الجزيئات في المواد الغذائية، لذلك يمكن استخدامها في طهي الأطعمة. إذا كان لدينا في المنزل تليسكوب حساس للموجات الميكرونية فيمكن كشف إشارات خافتة تتسرب من فرن الميكروويف ومن أي مصادر أخرى من صنع الإنسان، لكن أيضاً تأتي إشارات خافتة من جميع الاتجاهات، هذه هي خلفية الموجات الميكرونية **CMB**.

تسمى هذه الأشعة بالخلفية لأننا نراها في أي مكان ننظر إليه. في الواقع أنها لا تأتي من الأجسام القريبة مثل النجوم والسحب داخل مجرتنا أو حتى من المجرات الخارجية. من الواضح أنها خلفية مصدر إشعاع بعيد. يمكننا أن نفكر أن الكون كله كأن مملوءاً بهذه الخلفية من فوتونات الموجات الميكرونية.

نوضح الآن لماذا تدعم **CMB** نظرية الانفجار الكبير؟ النقطة الأساسية هي أن طيف **CMB** قريب بصورة واضحة للطيف النظري لما يعرف بالجسم الأسود والذي يعنى جسم في حالة اتزان حراري. وهذا يشير إلى أن الكون في بداية نشأته كان في حالة اتزان حراري جيد. لذلك فإن طيف الإشعاع في الأزمنة المبكرة جداً كان قريباً جداً من طيف الجسم الأسود. في الحقيقة وجد أن طيف

CMB أجود من طيف الجسم الأسود المثالي الذي نسجله في المعامل، لذلك من الصعب أن تتخيل أن CMB ينبعث من أي مادة عادية. التفسير الوحيد المقنع لكي يكون لدينا هذه الأشعة المنتظمة مع مثل هذا الطيف الدقيق للجسم الأسود، هو أنها تأتي من كل الكون عند زمن كان فيه أكثر سخونة أو كثافة عن ما هو عليه الآن. إذن طيف CMB دليل قاطع على حدوث الانفجار الكبير.

نشير هنا أنه يمكن للفرد أن يرى CMB إذا غير نظام التليفزيون بين القنوات المختلفة فإن نسبة مئوية صغيرة من الثلج الذي تراه على الشاشة ما هو إلا ضوضاء سببه خلفية الموجات الميكرونية.

5.2 خلفية تحت الحمراء Infrared Back Ground

اكتشاف خلفية الأشعة الكونية سنة 1965م شجع الباحثين على إجراء أبحاثهم في الفضاء الخارجي بواسطة الأقمار الاصطناعية التي تدور حول الأرض. لهذا السبب طورت وكالة الفضاء الأمريكية NASA، مستكشف الخلفية الكونية (COBE) Cosmic Back Ground Explorerلقياس الأشعة تحت الحمراء المنتشرة Diffuse Infrared وأشعة خلفية الموجات الميكرونية من الكون الباكر. وبعد تجهيز هذا المستكشف للعمل تم تدشينه في 18 نوفمبر 1989م. وكان القمر يحمل ثلاثة أجهزة: الجهاز الأول هو المطياف المطلق لتحت الحمراء البعيدة Far Infrared Absolute Spectrophotometer [FIRAS] وذلك لمقارنة طيف خلفية الأشعة الميكرونية الكونية مع طيف الجسم الأسود.

الجهاز الثاني هو مقياس إشعاع (راديوميتر) الموجات الميكرونية التفاضلي Differential Microwave Radiometer [DMR] لرسم خريطة للأشعة الكونية بدقة عالية، وكانت التجربة الثالثة والأخيرة هي: تجربة خلفية تحت الحمراء المنتشرة Diffuse Infrared Background Experiment [DIRBE] للبحث عن أشعة خلفية تحت الحمراء الكونية. وقد توصل هذا

المستكشف إلى قياس خلفية أشعة الموجات الميكرونية بدقة 0.03%. وجد أن هذه الخلفية كانت متباينة الخواص في الزمن الأول عند مستوى جزء من 10^5 وأيضاً تم الحصول على خريطة سطوع السماء المطلق من 1.25 ميكرون إلى 240 ميكرون لإجراء البحث عن أشعة خلفية تحت الحمراء الكونية.

قد نجح الفلكيون في اكتشاف وهج خلفية تحت الحمراء عبر السماء الناتج عن الغبار الساخن بسبب كل النجوم التي قد وجدت من بداية الزمن.

6.2 الأركان الثلاثة لنموذج الانفجار العظيم هي:

1– طبيعة الجسم الأسود لطيف CMB.

2 – الإزاحة الحمراء للمجرات البعيدة وهذا يدل على التمدد المنتظم.

3– الوفرة الملحوظة في العناصر الخفيفة وعلى وجه الخصوص الهليوم والهيدروجين يدل على أنها كانت مطبوخة خلال الكون في الزمن الأولى. ونظراً لهذه الحقائق الأساسية، فقد أصبح نموذج الانفجار الكبير هو الصورة القياسية لتطور كوننا.

7.2 من أين أتت الفوتونات؟

Where did the Photons Actually Come From?

يتضح لنا مما سبق أن الكون في بدايته المبكرة جدا كان شديد السخونة و تحيط به كميات هائلة من الطاقة بحيث كانت أزواج الجسيمات وأضدادها مستمرة في النشوء والفناء. وينتج عن هذا الفناء طاقة نقية عبارة عن فوتونات الضوء.

عندما تمدد الكون وهبطت درجة الحرارة أفنت الجسيمات والجسيمات المضادة بعضها بعضا للمرة الأخيرة (الكواركات وما شابهها) وكانت الطاقة منخفضة بقدر كاف إلي حد أن هذه الجسيمات لم تتكون مرة أخرى. ولأسباب ما (غير معروفة حتى الآن)، كان الكون في حياته الأولى يحتوي على جزء واحد من

بليون من الجسيمات أكثر من الجسيمات المضادة. لذلك عندما تفنى كل الجسيمات المضادة كل الجسيمات، يتبقى حوالي بليون فوتون لكل جسيم من المادة. وهذا هو الطريق الذي سلكه الكون حتى اليوم.

هكذا الفوتونات التي نلاحظها في خلفية الموجات الميكرونية الكونية نشأت في الدقيقة الأولى من تاريخ الكون. وبعد ذلك بردت مع تمدد الكون. وأخيراً يمكن مشاهدتها اليوم عند درجة حرارة 2.73 كلفن.

8.2 المجرات The Galaxies

تكون المجرات The formation of Galaxies

توضح الدراسات النظرية أن المجرات تكونت من خليط مخفف من الهيدروجين وغاز الهليوم – العنصران الأوليان اللذان تكونا في نظرية الانفجار العظيم. كما توضح أن هذين العنصرين المختلفي الكتلة سادا في أقل من مائة مليون سنة بعد الانفجار العظيم والذي كان له لأثر الأعظم في تكوين المجرات.

في بداية القرن الماضي 1929م أظهرت مشاهدات إدوين هوبل Edwin Hubble's أن مجرتنا هي فقط واحدة من بلايين المجرات التي يتكون منها الكون، المجرات هي نظم كونية شاسعة الاتساع تتكون من تجمعات نجمية وغازات وغبار بتركيز يتفاوت من موقع إلى آخر داخل المجرة. هذه التجمعات النجمية تضم عشرات البلايين إلى بلايين من النجوم في المجرة الواحدة.كل مجرة هي بيت لبلايين النجوم. تختلف نجوم المجرة في أحجامها وفي درجات حرارتها وفى درجات لمعانها وفى غير ذلك من صفاتها الطبيعية والكيميائية.

1-8.2 تكون النجوم

بعد الانفجار العظيم بحوالي نانوثانية (10^{-9} من الثانية)كان الكون كله يتكون من سحابة كثيفة وساخنة من ذرات الهيدروجين وكانت توجد تصادمات

عنيفة بين تلك الذرات. ونتيجة لهذه التصادمات العنيفة بين ذرات الهيدروجين اندمج عدد كبير منها مكونا الهليوم. أدت نفس عملية الاندماج إلى تكون ألباب النجوم الساخنة جداً. عندما تمدد الكون وبرد بسرعة سمح بحدوث الاندماج الذرى، وتكوين الهيدروجين والهليوم، العنصران الكيميائيان الأكثر بساطة، العنصران الوحيدان في الكون في هذا الوقت.

بعد الانفجار العظيم بحوالي مائة مليون سنة، تجمع الهيدروجين والهليوم معاً تحت تأثير الجاذبية، في سحب غازية كثيفة مكونان مجرات بسيطة.

أصبحت هذه المجرات هي مكان ولادة النجوم. ولما أصبحت السحب أضخم، أجبرت الجاذبية لب السحابة ليصبح أكثر كثافة. هذا أدى إلى انكماش السحابة، وتغير شكلها إلى كرة ضخمة. عندما زاد الضغط في السحابة، الحرارة الناتجة ببطء غيرت لون السحابة إلى بياض يميل إلى الصفار اللامع. هنا قد ولد النجم!

أثناء مراحل دورة حياة النجم، يتغير لونه تدريجياً. عندما ننظر إلى صفحة السماء في الليل بتليسكوب يمكننا أن نرى نجوماً بفيض من الألوان. لون النجم يناظر درجة حرارته. النجوم الساخنة جداً، المسماة الزرقاء أو العماليق الكبار **Supergiants** تبعث ضوءاً أبيض مائلاً للزرقة. النجوم الحمراء، المسماة الأقزام الحمراء **Red Warfs** بالمقارنة هي أبرد. عندما تبدأ النجوم فائقة السخونة مثل العماليق الكبار في استهلاك وقودها الهيدروجيني، يبرد اللب وينكمش. أخيراً، تستمر تفاعلات الاندماج النووي حتى يصبح اللب حديداً.

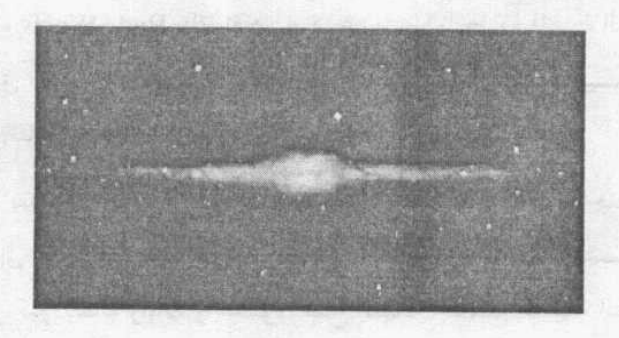
بعدئذ تأتى آخر مراحل حياة النجم. الضغط في اللب الحديدي يصبح كبيراً إلى حد أنه يتعرض لانفجار، وتقذف الغازات الخارجية للشمس بعيداً في انفجار كبير للطاقة والمادة والضوء. مع كمية الطاقة الهائلة الناتجة في هذا الانفجار، تنصهر العناصر الأثقل من الحديد وتقذف إلى الخارج. وأخيراً هذه العناصر تجد طريقها إلى أماكن مختلفة من الكون، وتترسب في أشكال وطبقات مختلفة.

2-8.2 مجموعة سكة اللبانة The Milky Way System

في أي ليلة صافية لا يظهر فيها القمر، غالباً ما نرى حزاماً من الضوء يمتد عبر السماء. إذا تطلعنا إلى هذا الحزام بواسطة تلسكوب نرى أنه يتكون من عشرات البلايين من النجوم. يطلق على هذا الحزام سكة اللبانة، وهي في الحقيقة تتكون من حزام من النجوم معظمها خافت جداً حيث لا يمكن تفريقها وهكذا نرى ضوءها المشترك كوهج خافت.

هذا الحزام هو مستوى قرص مجرتنا. الشمس هي نجم ضمن 2×10^{11} نجماً من النجوم التي تتكون منها مجرتنا. هذه النجوم تتجمع في الغالب في قرص مسطح ذي انتفاخ في المركز. إذا تطلعنا إلى سماء الليل فإننا نرى سكة اللبانة عندما ننظر على امتداد مستوى هذا القرص، وعندما ننظر في الاتجاهات الأخرى، خارج هذا المستوى، فإننا نرى عددا من النجوم أقل كثيراً. حجم مجرتنا ضخم جداً يأخذ الضوء حوالي مائة ألف سنة ضوئية كي يعبرها.

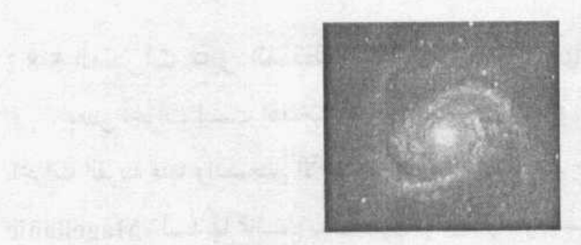
في الضوء المرئي لا نستطيع رؤية مركز المجرة. على أي حال، الضوء المرئي ليس هو الطول الموجي الوحيد الذي يستخدمه الفلكيون (في العصر الحديث) في الرصد. على خلاف الضوء المرئي الذي يمتصه الغبار والغازات، ضوء تحت الحمراء ينفذ أفضل ليعطينا صورة أكثر وضوحا للمنطقة المركزية. هكذا نرى جانب الانتفاخ المحيط بلب المجرة من موضعنا، في قرص المجرة حوالي 30000 سنة ضوئية من المركز.



شكل (10) يبين مجرة سكة اللبانة

3-8.2 المجرات الحلزونية Spiral Galaxies

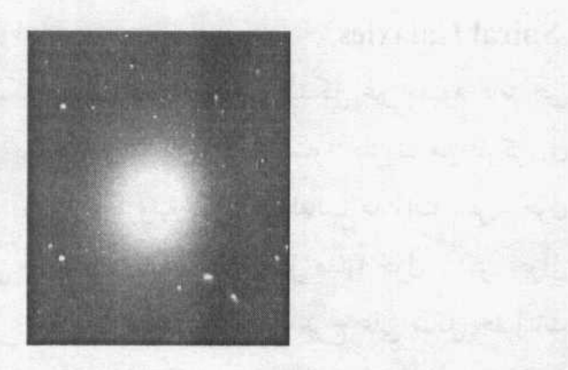
المجرات متنوعة الشكل وسبب هذا التنوع في الشكل غير مفهوم تماماً حتى الآن. مجرتنا لها أذرع من نجوم فتية وغاز وهى تظهر مساراً حلزونياً من المركز. في الحقيقة، الأجسام في هذه الأذرع الحلزونية تكون في الغالب مدارات دائرية حول مركز المجرة. تأخذ الشمس حوالي 200 مليون سنة لتكمل مداراً حول المركز. حوالي 30% من المجرات لها أذرع حلزونية. البعض له أذرع تخرج على شكل حلزونات مباشرة من النواة، بينما البعض الآخر له شكل مستقيم يطلق عليه القضيب تبدأ من نهايته الأذرع. المجرات الحلزونية غنية بالغاز والغبار.



شكل (**11**) يبين المجرة الحلزونية.

4-8.2 المجرات الإهليجية Elliptical Galaxies

معظم المجرات ليست حلزونية الشكل أو أقراص مفلطحة، بل تأخذ أشكالاً إهليجية (بيضاوية). تظهر المجرات الإهليجية أثراً صغيراً فقط للنجوم الفتية والغبار أو الغاز. هذه المجرات متفاوتة إلى حد كبير فى الحجم تتراوح بين إهليجيات عملاقة كتلتها تقدر بحوالي واحد مليون مليون ضعف كتلة الشمس إلى أقزام إهليجية بكتل تقترب من كتل العناقيد الكروية **Globular Clusters**.



شكل (12) يبين المجرة الإهليجية

5-8.2 المجرات غير المنتظمة الشكل Irregular Galaxies

بعض المجرات ليست إهليجية أو حلزونية. بعض هذه المجرات تتأثر أشكالها بالمجرات القريبة منها والبعض الآخر، مثل سحابة ماجلان الضخمة Large Magellanic، لديها تماثل بسيط في تركيبها. وجسم مسيار (Messier Object M82) مثال آخر على المجرات غير منتظمة الشكل.

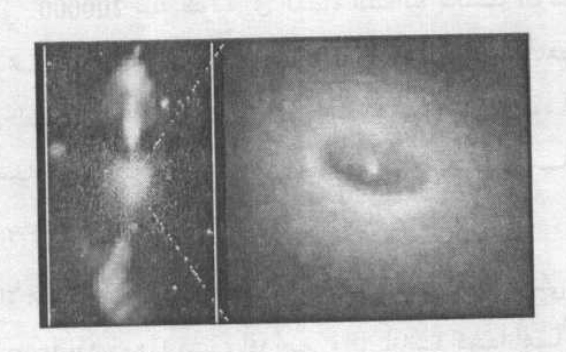
6-8.2 المجرات النشطة Active Galaxies

بعض المجرات تبعث كمية طاقة هائلة من جوار نواياها. تعتبر هذه المجرات النشطة بمثابة باعثات راديوية قوية وتظهر عادة تركيبًا فلقيًا معقدًا Lobe Structure يمتد إلى ملايين السنين الضوئية. بعض المجرات الأخرى تمتلك مثل هذه النوى النشطة والذي نراه هو فقط النوى اللامعة ولا نرى المجرة التحتية وتسمى هذه الأجسام أشباه النجوم (كوازارس Quasars).

يعتقد الفلكيون أن وجود الثقوب السوداء في مراكز هذه الأجسام ضروري لتفسير طبيعتها. لأنها الأجسام الأكثر لمعاناً المعروفة في الكون فليس من المستغرب أن تكون الكوازارس هي الأجسام التي تعتبر أبعد ما تم رصده من

أجرام السماء بالنسبة للأرض حتى الآن. الضوء القادم من أبعد أشباه النجوم قد بدأ عندما كان عمر الكون عشر عمره في الوقت الحاضر أي بالتقريب بليون سنة بعد الانفجار العظيم. ويوجد منها ما لا يصدر موجات راديوية. وهى أجرام سماوية تتباعد عنا بسرعات فائقة، تقدر كتلة أشباه النجوم بحوالي مائة مليون ضعف كتلة الشمس، وتبلغ كثافتها واحد على بليون من الطن للسنتيمتر المكعب، وتبلغ الطاقة الناتجة عنها مائة مليون مليون مرة قدر طاقة الشمس.

قد تم الكشف عن حوالي **1500** من أشباه النجوم على أطراف الجزء المرئي من الكون.



شكل (**13**) يبين المجرة النشطة

7-8.2 عناقيد المجرات **Clusters of Galaxies**

يوجد عدد كبير من عناقيد المجرات يمكن رؤية أقربها بتلسكوب بسيط. يمكن رصد عناقيد المجرات إلى أبعد المسافات التي يمكن أن نصل إليها.. وقد يتجمع عدد أكبر من المجرات على هيئة عنقود مجرى **Galactic Cluster** كما قد يتجمع عدد من العناقيد المجرية على هيئة عنقود عملاق **Galactic Supercluster** يضم عشرات الآلاف من المجرات.

كتلة هذه العناقيد يلزم أن يكون لها قيمة كلية معينة لتفسير كيف أنها

تماسكت مع بعضها، لكن أمكن بالمشاهدة حتى الآن حصر عشر هـــذه الكتلـــة. هـــذه تعرف بمشكلة الكتلة المفقودة.

8-8.2 المجرات القريبة Near by Galaxies

لسوء الحظ، سكان نصف الكرة الشمالي لا يســـتطيعون رؤيـــة أقـــرب مجـــرتين معروفتين بسحب ماجلان Magellanic Clouds وهمـــا أقـــرب المجـــرات شـــبهاً لمجـــرة سكة اللبـــانة. يمكن رؤيتهما بسهولة بالعين المجـــردة ونجومهمـــا الأكثـــر لمعانـــاً يمكن رؤيتها بالتلسكوب البسيط. هاتان المجرتان أصغر بكثير من ســـكة اللبانـــة وهمـــا على بعد حوالي 200000 سنة ضوئية. في السماء الشمالية يمكننـــا أن نـــرى مجـــرتين بالعين المجردة. مجـــرة Andromeda Galaxy M30 وهـــي رقعـــة باهتـــة مشوشـــة والتي تظهر في التليسكوب البسيط كجسم على هيئة عدسة وهـــي مجـــرة أكثـــر شـــبها بمجرتنا على مسافة حوالي 2 مليون سنة ضوئية وهذه لهـــا تابعـــان قزمـــان بيضـــاويان يمكن رؤيتهما بتلسكوب صغير.

المجرة الأخرى (M33) من الصعب رؤيتها على الرغم أنهـــا علـــى بعـــد مماثـــل للمجرة Andromeda، وهذا بسبب أنها أصغر وأقل لمعانـــا كمـــا أنهـــا أيضـــا مجـــرة حلزونية.

9-8.2 المجرات عند أطوال موجية مختلفة Galaxies at Different Wave Lengths

تظهر الأجسام الفلكية – عادة –مختلفة جدا عنـــد مشـــاهدتها عنـــد أطـــوال موجية مختلفة من الطيف الكهرومغناطيسي. على ســـبيل المثـــال السـبب الأول أننـــا ندرك المجرات الحلزونية كحلزونات هو أن الأذرع الحلزونية تحتـــوى علـــى كـــثير مـــن النجوم الزرقاء والبيضاء المائلة إلى الزرقة الساخنة الـــتي تجعـــل هـــذه المنـــاطق أكثـــر بروزاً في الطيف المرئي عن تلك المناطق في المجرة الـــتي يغلـــب فيهـــا النجـــوم القديمـــة التي طيفها يتركز عند أطوال موجية أعلى.

10-8.2 حياة وموت النجوم The Life and Death of Stars

أين ولدت النجوم؟ Where are Stars Born?

يعتقد الفلكيون أن السحب الجزيئية، سحب كثيفة من الغازات، هي مكان ولادة النجوم. تتكدس المناطق الكثيفة في السحب الغازية على نفسها بفعل الجاذبية مكونة نجوماً ابتدائية **Protostars**. بمجرد انكماش النجم بقدر كاف إلى حد يستطيع فيه لبه المركزي حرق الهيدروجين إلى هليوم يصبح النجم نجم نسق رئيسي.

11-8.2 النسق الرئيسي للنجوم Main Sequence Stars

النسق الرئيسي للنجوم هو النجوم، مثل شمسنا، التي تندمج فيها ذرات الهيدروجين معا لتكون ذرات الهليوم في ألبابها. يعتمد لمعان النجم، الطاقة الكلية التي يشعها النجم في وحدة الزمن (بغض النظر عن تركيبه الكيميائي أو المرحلة العمرية له) على كتلته. النجوم التي تقدر كتلتها بعشرة أمثال كتلة الشمس تكون أكثر لمعاناً بآلاف المرات عن لمعان الشمس. على أي حال يجب أن لا ننزعج من انخفاض لمعان الشمس. وهي أسطع بعشرات المرات عن نجم له نصف كتلتها. كلما كانت كتلة نجم النسق الأساسي أكبر كان أكثر سطوعاً وزرقة. مثلاً **Sirius**، نجمة الكلب **Dog Stars** التي تقع في الشمال الأدنى لمجموعة النجوم الثابتة **Orion**، أكثر كتلة عن الشمس وأكثر زرقة. وعلى الجانب الآخر **Proxima Centauri** أقرب جار لنا، كتلته أقل من كتلة الشمس وهو أكثر حمرة وأقل لمعاناً.

ونظراً لأن النجوم مزودة بكمية محدودة من الهيدروجين في ألبابها يكون لديها فترة حياتية محدودة مثل نجوم النسق الأساسي. فترة الحياة هذه تتناسب مع **fM/L**. حيث **f** هو كسر الكتلة الكلية للنجم، **M**، المتاحة للاحتراق النووي في اللب و **L** متوسط لمعان النجم أثناء الفترة الحياتية لنسقه الرئيسي. وبسبب

اعتماد اللمعان القوى على الكتلة، تعتمد فترات حياة النجم بحساسية على الكتلة. هكذا من حسن الحظ أن شمسنا ليست ذات كتلة أكبر مما هي عليه، حيث إن النجوم ذوات الكتل الكبيرة تستهلك مصدر هيدروجين ألبابها بسرعة. بمجرد أن يستنفد النجم لبه المزود بالهيدروجين يصبح النجم أكثر حمرة، أضخم وأكثر لمعاناً. ويصبح نجماً عملاقاً أحمر. هذه العلاقة بين الكتلة والفترة الحياتية تمكن الفلكيون من وضع حد أدنى لعمر الكون.

12-8.2 موت نجم عادى **Death of an "Ordinary" Star**

بعد أن يستهلك النجم صغير الكتلة مثل الشمس، كمية الهيدروجين في لبه، لن يكون هناك مصدر للحرارة يدعم اللب ضد الجاذبية. يستقلص لب النجم تحت الجذب المغناطيسي حتى يصل إلى كثافة عالية بقدر يكفي للبدء في حرق الهليوم إلى كربون، في نفس اللحظة يتمدد الغلاف الخارجي للنجم، ويتطور النجم إلى عملاق أحمر. عندما تصبح الشمس عملاقاً أحمر سوف يغلف جوها الأرض وسوف يعدم كوكبنا في موت ملتهب **Fiery Death**.

في النهاية سوف تتطور الشمس إلى عملاق عظيم أحمر. **Red Supergiant** طالما استهلك الهليوم من لبه. في هذه المرحلة سوف يكون لها غلاف خارجي يمتد في اتجاه جيوبيتر **Jupiter** . أثناء هذا الطور المختصر من وجودها، الذي يستغرق فقط قليل من عشرات الآلاف من السنين سوف تفقد الشمس كتلة في ريح عاتية. أخيراً سوف تفقد الشمس كل الكتلة في غلافها وتترك خلفها لباً ساخناً من الكربون مدفونا في سديم **Nebula** من الغاز المقذوف. الإشعاع من هذا اللب الساخن سوف يؤين السديم منتجاً سديماً كوكبياً يشبه كثيراً السدم المرئية حول بقايا إشعاع النجوم الأخرى. اللب الكربوني سوف في النهاية، يبرد ويصبح قزماً أبيض، بقايا الإشعاع الكثيفة المعتمة **Dim** للنجمة الساطعة لحظياً.

موت النجم الكبير Death of a Massive Star

عندما يستهلك النجم الذي تقدر كتلته بعشرة أضعاف كتلة الشمس، الهليوم من اللب، تستمر دورة الاحتراق النووي. ينكمش اللب الكربوني أكثر ويصل إلى حرارة عالية تكفي لحرق الكربون إلى أكسجين، نيون، سليكون، كبريت وفى النهاية إلى حديد. الحديد هو الشكل الأكثر ثباتاً من المواد النووية، ولا توجد طاقة تكفى لحرق أي عنصر أثقل منه. لقد لاحظ العلماء أن هذه النجوم العملاقة تتوهج في مرحلة من مراحل حياها فتزيد درجة حرارها إلى مئات البلايين من الدرجات المئوية، والتي عرفوها باسم المستعرات (Novae)، تصل فيها عملية الاندماج النووي إلى مرحلة تكوين الحديد ولكنها لا تستطيع أن تستمر في إنتاج الحديد إذ أنه في الوقت الذي تنتج فيه عملية الاندماج النووي العناصر قبل الحديد تستهلك كميات هائلة من الحرارة في إنتاج الحديد، لذا فإن المستعرات تنفجر على هيئة مستعرات عظمى (Super Novae) وتتناثر أشلاؤها في أرجاء الكون وتدخل في نطاق جاذبية الأجرام السماوية التي تحتاج هذا القدر من الحديد تماما كما تدخل النيازك الحديدية إلى الأرض.

9.2 عمر الكون Age of the Universe

يجوز لنا الآن أن نسأل إذا كان الكون حقاً محدوداً، فما هو عمره منذ بدايته حتى الآن؟. توجد عدة طرق مختلفة استخدمها العلماء للإجابة عن هذا التساؤل، منها:

1- عمر أقدم العناقيد النجمية The Age of the Oldest Star Clusters

سبق أن ذكرنا أن زمن حياة النجم يتغير طبقاً للعلاقة T = Constant M/L، إذا قسنا لمعان النجم الأعظم لمعاناً على النسق الرئيسي نحصل على الحد الأعلى لعمر العنقود.

بعض العلماء استخدموا العلاقة للعناقيد الكروية Globular Clusters

ووجدوا أن عمر الكون أكبر من 12.7 Gyr بثقة 95% وقالوا أن العمر يتناسب مع مقلوب لمعان النجوم التي استخدمت لتعيين المسافات إلى العناقيد الكروية. وقد وجد أحد العلماء أن أفضل تقدير لعمر العناقيد الكروية هو 14.6 Gyr 1.7±. لكن بينت النتائج الحديثة أن العناقيد الكروية تكون أبعد عن ما كان يعتقد سابقاً لذلك تكون نجومها أكثر لمعاناً. وعالم آخر أعطى لها أعماراً بين 13.5&8.5 Gyr و12.1 وهي الأكثر احتمالاً بينما أعطي آخر الأعمار بين 13&11 Gyr وأعطي 11.5 ± 1.3 Gyr للعمر المتوسط لأقدم عناقيد كروية.

2- عمر أقدم الأقزام البيض

The Age of the Oldest White Dwarfs

نجم القزم الأبيض هو جسم كتلته تقارب كتلة الشمس لكن قطره يساوى تقريباً قطر الأرض. متوسط كثافة النجم الأبيض تقدر بمليون ضعف كثافة الماء. تتكون نجوم القزم الأبيض في مراكز النجوم العملاقة الحمراء ولا يمكن رؤيتها حتى يقذف غلاف العملاق الأحمر إلى الفضاء. وعندما يحدث ذلك تؤين الأشعة فوق البنفسجية من الألباب النجمية الساخنة جداً الغاز وتنتج سدماً كوكبية. يستمر غلاف النجم في التحرك بعيداً من اللب المركزي وأخيراً تخفت السدم الكوكبية وتصبح غير مرئية، تاركة فقط اللب الساخن جدا الذي يكون في هذا الوقت قزماً أبيض. نجوم القزم الأبيض تتوهج من الحرارة المتبقية. أقدم الأقزام البيض سوف يكون الأبرد وهكذا الأبهت. وبالبحث عن الأقزام البيض الباهتة يمكننا تقدير طول الزمن الذي أخذته أقدم الأقزام البيض في التبريد. بعض العلماء قد فعلوا ذلك وحصلوا على عمر 9.5+1.1-0.8 Gyr لقرص سكة اللبانة. وقدروا عمر الكون بأكبر من ذلك بحوالي 2 Gyr على الأقل من القرص، لذلك يكون عمر الكون تقريباً 11.5 Gyr .

3- معدل تمدد الكون Expansion Rate of the Universe

تمكن العلماء من تقدير عمر تقريبي للكون بقياس ثابت هوبل H_o وهو مقياس لمعدل تمدد الكون الحالي. استخدم علماء الكون ما لديهم من معلومات متاحة حالياً واستكملوا بالاستقراء تقدير عمر الكون بالرجوع إلى الوراء حتى لحظة الانفجار العظيم. ويعتمد هذا التقدير بالاستقراء على تاريخ معدل التمدد الذي بدوره يعتمد على كثافة الكون الحالية وأيضاً مكوناته.

إذا كان الكون منبسطاً ويتكون معظمه من مادة عندئذ يكون عمر الكون: 2/3Ho. حيث H_o هو ثابت هوبل.

إذا كانت كثافة مادة الكون منخفضة جداً حينئذ يكون العمر المحسوب بالاستقراء أكبر ويساوى $1/H_o$.

إذا كان الكون يحتوى على شكل من المادة يشبه الثابت الكوني عندئذ يكون العمر المستدل أكبر. العديد من الفلكيين بذلوا جهداً كبيراً لقياس ثابت هوبل باستخدام طرق تقنية مختلفة. التقديرات الأفضل حالياً تتراوح بين 65Km/Sec/Megaparsec إلى 80 Km/Sec/Megaparsec وأفضل قيمة هي حوالي 72 Km/Sec/Megaparsec (Megaparsec عبارة عن MPC) وتساوى 3 سنة ضوئية. بالوحدات الأكثر شيوعاً يعتقد الفلكيون أن $1/H_o$ يكون بين 12 و15 بليون سنة.

إذا قارنا التقديرين السابقين لعمر الكون نجد اختلافاً واضحاً، ففي الحالة الأولى يقدر عمر الكون بحوالي 9 بليون سنة، في هذه الحالة يكون عمر الكون أقصر من عمر أقدم النجوم، وهذا التناقض يرجع إلى إما أن 1- قياسات ثابت هوبل ليست صحيحة أو 2- نظرية الانفجار العظيم غير صحيحة. يعتقد بعض علماء الفلك أن هذا الاختلاف سينتهي بمجرد تحسن طرق القياس.

4- عمر العناصر Age of Elements

يمكن تقدير عمر العناصر الكيميائية باستخدام تحلل النشاط الإشعاعي لها لتعيين عمر خليط ما من الذرات. والأعمار التي يتم تحديدها بهذه الطريقة هي تلك التي تبدأ منذ تجمد عينات الصخرة. عندما تتجمد الصخرة، تنفصل في الغالب، العناصر الكيميائية إلى حبيبات بلورية في الصخرة. على سبيل المثال، الصوديوم والكالسيوم عنصران شائعان ولكن يختلفان تماماً في سلوكهما الكيميائي، لذلك نرى عادة الصوديوم والكالسيوم في حبيبات مختلفة يمكن تميزها في الصخرة. روبيديوم، سترونشيوم عنصران ثقيلان وسلوكهما الكيميائي يشبه إلى حد كبير سلوك الصوديوم والكالسيوم. لذلك، يوجد الروبيديوم والسترانشيوم عادة في حبيبات مختلفة يمكن تميزها في الصخرة. لكن Rb – 87 يتحلل إلى Sr – 87 مع عمر نصف 47 بليون سنة ويوجد نظير آخر للسترونشيوم Sr – 86 والذي لا ينتج عن أي تحلل للروبيديوم. يسمى النظير Sr 87 – مولد بالنشاط الإشعاعي Radiogenic لأنه يمكن أن ينتج من تحلل النشاط الإشعاعي في حين أن Sr – 86 ليس مولدا من النشاط الإشعاعي Radiogenic ويستخدم Sr – 86 في تعيين الجزء من Sr – 87 الذي ينتج عن تحلل النشاط الإشعاعي. يتم ذلك برسم النسبة Sr-86/Sr-87 مقابل النسبة Rb – 87/ Sr – 86. عندما تكونت الصخرة أولاً، كان للحبيبات المختلفة مدى واسع من نسبة Rb – 87/ Sr – 86، لكن النسبة Sr – 87 / Sr – 86 كانت هي نفسها في كل الحبيبات لأن العمليات الكيميائية المؤدية إلى الحبيبات المتفرقة لا تفصل النظائر. بعد أن تجمدت الصخرة ببضعة بلايين السنين، جزء من Rb – 87 تحلل إلى Sr – 87. بعدئذ النسبة Sr – 87/ Sr – 86 ستكون أضخم في الحبيبات مع ضخامة النسبة Rb – 87/ Sr – 86 . نرسم العلاقة الخطية التالية:

$$Sr-87/Sr-86 = a + b*(Rb-87/Sr-86)$$

ونحصل على ميل المنحنى

$b = 2^* - 1$

حيث إن * هو عدد أعمار النصف للصخور التي تجمدت.

عندما تطبق هذه الطريقة للصخور على الأرض يكون عمر أقدم الصخور حوالي **3.8** بليون سنة. عندما تطبق على الشهب يكون عمر أقدمها **4.56** بليون سنة. هذا العمر هو عمر المجموعة الشمسية.

قد استخدم زوج النظير رنيوم **Rhenium** وأسميوم **Osmium** وعلى وجه الخصوص Re_{187} الذي يتحلل إلى **Os-187** بعمر نصف **40** مليون سنة. وقد تحلل **15%** من Re_{187} الأصلي إلى عمر قدره **8-11** بليون سنة.



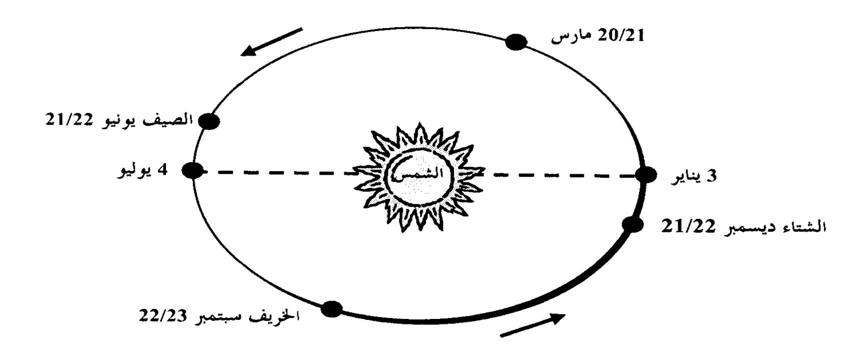
الشمس - الأرض - القمر
Sun – Earth - Moon

1.3 الشمس The Sun

تعتبر المعلومات التي نعرفها عن الشمس والكون حديثة نسبياً، حتى منتصف القرن السادس عشر كان الاعتقاد السائد هو أن الأرض هي مركز كوننا وأن الشمس تدور حول الأرض. لكن في عام 1543م بين العالم الفلكي البولندي المولد نيكولس كوبرنيكس **Nicolaus Copernicus** أن العديد من الشواهد على مواقع الكواكب بالنسبة للشمس والأرض من الصعب تفسيرها بواسطة نظرية مركزية الأرض أي أن الأرض هي مركز الكون. وقد اقترح أن الشمس هي مركز نظامنا الكوكبي وأن الأرض تدور حول محورها، مثل الكواكب الأخرى في نظامنا الشمسي تدور حول الشمس. نحن على علم الآن أن الشمس هي مركز نظامنا الكوكبي وتبعد عنا بحوالي 93 مليون ميلاً أي بحوالي مائة وخمسون مليوناً من الكيلومترات. شمسنا واحدة فقط ضمن الكثير من الشموس في مجرتنا. ومجرتنا واحدة فقط من 260 مليون مجرة في الكون. قطر شمسنا 109 ضعف قطر الأرض وكتلتها أكبر 300000 مرة من كتلة الأرض. شمسنا النجم الأصفر ليست أضخم أو أسخن نجم في مجرتنا. وسطوع النجم الأزرق أكثر بحوالي مائة مرة من سطوع شمسنا، في حين أن سطوع النجم الأحمر أقل بحوالي مائة مرة من سطوع شمسنا. تقدر درجة حرارة سطح الشمس بحوالي $5600^{o}K$ (مطلقة)، ودرجة قلب الشمس يقدر بعدد كثير من ملايين الدرجات المطلقة.

يقدر نصف قطر الشمس بحوالي سبعمائة ألف كيلومتر ($6.960x10^{5}$

كيلـــومتر)، تقـــدر كتلتـــها بحـــوالي ألفـــي مليـــون مليـــون مليـــون طـــن ($1.99x10^{27}$طن)، متوسط كثافتـــها ($1.41gm/cm^3$) أي أكثـــر قلـــيلاً مـــن كثافـــة الماء.

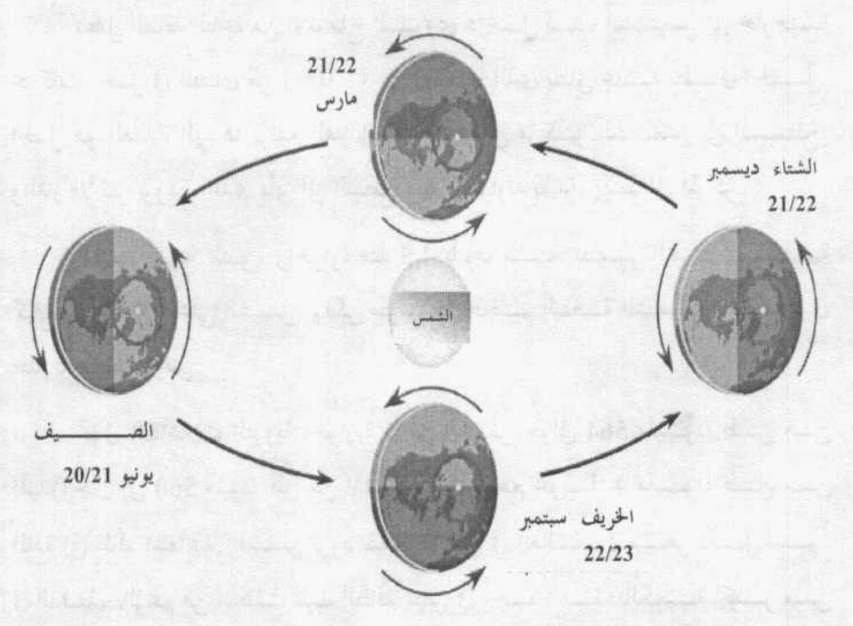


شكل (14) دوران الأرض حول الشمس

يعرف يوم الأرض الشمسي بالفترة التي تـــتم فيهـــا الأرض دورة كاملـــة حـــول محورها أمام الشمس وتقدر هذه الفتـــرة في الـــزمن الحـــالي بـــأربع وعشـــرين ســـاعة يتقاسمها ليل ونهار مع اختلاف طفيف في طول كل منها.

1-1.3 طول الليل والنهار

نحن نعرف أن محور الأرض ليس عمودياً على مـــدارها حـــول الشـــمس يميـــل 23.5^o، لذلك فإن زوايا الميل التي تصدم بها أشـــعة الشـــمس الأرض هـــي الســـبب في التغير الموسمي للأشعة وأن كمية الأشعة تكون أعلى مـــا يمكـــن عنـــدما تكـــون الأيـــام أطول. ويتغير طول اليوم بانتظام، في نصف الكرة الشمالي يكـــون أطـــول مـــا يمكـــن عند الانقلاب الشمسي في الصيف، 21 يونيو، وأقصـــر مـــا يمكـــن عنـــد الانقـــلاب الشمسي في الشتاء، 22 ديسمبر، يتساوى طول الليـــل مـــع طـــول النـــهار في زمـــن الاعتدال الشمسي في الربيع، 21 مارس، وفي الخريف 22 سبتمبر.



شكل (15) التغير السنوي في موقع الأرض في دورانها حول الشمس

2-1.3 كسوف الشمس Solar Eclipse

كل 18 سنة و 1/3 11 يوم يقع القمر في مداره حول الأرض بين الشمس والأرض ويحجب الشمس **Eclipse** ويسبب عتامة فوق مساحة محدودة من الأرض حتى أثناء الجزء الساطع من النهار، والكسوف الكلى للشمس يمكن مشاهدته فقط على الأرض ومشاهدته فقط على مساحة دائرية قطرها حوالي 30 ميلاً بسبب قطر القمر الصغير مقارنة بقطر الشمس.

الشمس هي أضخم جسم في المجموعة الشمسية، تحتوى على أكثر من 99.8% من الكتلة الكلية للمجموعة الشمسية (جوبيتر **Jupiter** يحتوى على معظم الجزء المتبقي). تتكون الشمس من حوالي 75% هيدروجين وحوالي 25% هليوم بالكتلة، مع كمية شحيحة جداً من الفلزات والمركبات الأخرى. وبمرور الوقت تحول التفاعلات النووية، التي تمد الشمس بالوقود، الهيدروجين إلى هليوم في قلب الشمس وهذا من شأنه تغيير نسبة العنصرين.

تنتقل الطاقة الناتجة من الاندماج النووي داخل لب الشمس إلى خارجها بحركات الحمل في النطاق من 30% - 20% منها الذي يطلق عليه نطاق الحمل. الحمل هو العملية التي بها يرتفع الغاز الساخن من مركز الشمس إلى السطح، والغاز الأكثر برودة، الذي يأتي إلى السطح وأشع حرارته بعيداً، يهبط إلى المركز.

الشمس تشع الضوء والحرارة منذ 4.5 بليون سنة. تظهر البقع الشمسية كبقع صغيرة جداً على الشمس، ولكن متوسط حجم البقعة الشمسية يكون في حدود حجم الأرض.

تحول التفاعلات النووية الحرارية داخل الشمس حوالي 564 مليون طن من الهيدروجين إلى 560 مليون طن من الهليوم كل ثانية مع تحويل 4 مليون طن من المادة إلى طاقة إشعاعية. الشمس تزود سطح الأرض في الغالب 2 سعر لكل سم^{٢} في الدقيقة، بالرغم من أن ثلث تلك الطاقة يمتص في الجو، هذه الكمية أكثر من كافية لإمدادنا بالحرارة والطاقة، هذا إذا استطعنا الحفاظ عليها وتخزينها.

كسر صغير فقط من طاقة ضوء الشمس الذي يصل الأرض تخزنه النباتات الخضراء كطاقة كيميائية. ونستخدم النباتات كأطعمة وأيضاً تخزنها، وخصوصاً بذورها، لتمدنا باحتياجاتنا من الغذاء على مدار العام في الفصول غير المناسبة لنموها. تستخدم الطاقة الكيميائية المختزنة في هذه النباتات في الصناعات المختلفة وكوقود. وأيضاً نستخدم الطاقة الحفرية المختزنة في هذه النباتات في المناطق الجيولوجية القديمة في الفحم والزيوت والغازات. ومصادر الطاقة الأخرى هي - دفع الماء، الرياح وطاقة المد والجزر - كلها مستمدة من الشمس، الطاقة الذرية منطلقة من العناصر في قشرة الأرض، كلها مستمدة أيضاً من الشمس. هذا لأن الأرض من المحتمل أن تكون قد تكونت من السحابة السديمية (الغيمية) الأولية من المادة التي أدت إلى النظام الكوكبي للشمس.

الأشعة التي تمتص يومياً من الشمس بواسطة الأرض والبحر، ما عدا تلك المخزونة بالنباتات تنبعث مرة أخرى بحيث تظل درجة الحرارة الكلية للأرض عند 300^oK. من الناحية العملية تنبعث كل الأشعة من الأرض كأشعة حرارية بأطوال موجية أكبر في منطقة الأشعة تحت الحمراء. وهكذا تكون الشمس هي المصدر

الأساسي لاستمرار الحياة على الأرض. يتنبأ الفلكيون بأن الشمس ستستمر لفترة طويلة في تزويد الأرض بالضوء والحرارة بنفس المعدل التي هي عليه حاليًا.

عندما نحلل ضوء الشمس بالطرق الطيفية يظهر في الطيف خطوط مظلمة يطلق عليها خطوط فرنهوفر Fraunhofer Lines (فرنهوفر هو أول من لاحظ وقاس هذه الخطوط). وهذه الخطوط هي خطوط امتصاص العناصر المختلفة في جو الشمس. تبين أن كل العناصر الموجودة هي العناصر التي تغطي الأطوال الموجية للطيف المستمر القادم من السطح الخارجي للشمس (الغلاف الضوئي). تميز خطوط فرنهوفر العناصر في جو الشمس وتبين من الناحية العملية أن جميع العناصر الموجودة على الأرض موجودة في الشمس. أطياف بعض العناصر المفقودة من المحتمل أن تكون مخفية بطريقة ما. هكذا نفس العناصر الكيميائية، توجد في قشرة الأرض، الشمس أو النيازك وفي جو الأرض وفي جو النجوم الأخرى (بالرغم أنها لا توجد بنفس النسبة). حتى جسيمات الشعاع الكوني Cosmic Rays التي تمطر علينا من الفضاء الخارجي، تظهر أنها نوى ذرية للهيدروجين وعناصر أخرى موجودة على الأرض والتي قد انتزع منها إلكتروناتها (المجردة من إلكتروناتها).

أقرب كواكب المجموعة الشمسية إلى الشمس هو كوكب عطارد ويبتعد عنها بحوالي 58 مليون كيلومتر وأبعدها عنها هو كوكب بلوتو ويبعد عنها بحوالي 6 آلاف مليون كيلومتر.

السنة الضوئية: هي المسافة التي يقطعها الضوء بسرعته المقدرة بحوالي ثلاث مائة ألف كيلومتر في الثانية في سنة من سنيننا، وتقدر بحوالي 9.5 مليون مليون كيلومتر.

المجال المغناطيسي للشمس Magnetic Field of Sun

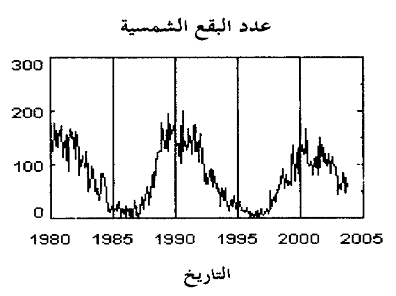
للشمس مثل الأرض مجال مغناطيسي يخترق السطح ويمتد خارجها إلى الفضاء. هذا المجال يتحرك ويتغير مع الزمن ويتذبذب في الشدة على مساحات

مختلفة على السطح. يعتقد العلماء أن المجال المغناطيسي للشمس ناتج عن حركة الموائع في وتحت نطاق الحمل، لكن المصدر الكلى لمجال الشمس المغناطيسي وأيضاً أسباب تذبذبه غير مفهومة حتى الآن.

3-1.3 البقع الشمسية Sun Spots

الدورة الشمسية Solar Cycle

تتعرض الشمس كل 11 سنة لفترة من النشاط يطلق عليها الذروة الشمسية، يتبعها فترة من الهدوء **Solar minimum**. عندما نختبر سطح الشمس بتلسكوبات ذات قدرة تحليلية عالية، يلاحظ وجود بقع شمسية تزداد إلى الذروة كل أحد عشرة سنة كما يظهر في شكل (16). البقعة الشمسية لها مركز معتم محاط بحافة مضيئة، وتقل درجة حرارة المركز بمقدار $1500^{o}C$ عن درجة حرارة الشمس. وتنتج هذه البقع الشمسية من المجالات المغناطيسية التي تظهر دورياً في الشمس ويمكن اكتشافها قبل تطور البقع الشمسية. ويتبع نشاط البقع الشمسية توهجات شمسية ذات حرارة أعلى بكثير جداً من حرارة سطح الشمس وتصل إلى حوالي 30 ألف ميل من سطح الشمس. وهذه أيضاً من المحتمل أنها تنتج من النشاط الكهربي التابع للمجال المغناطيسي ولها أيضاً دورة كل 11 سنة. وتبعث هذه التوهجات الشمسية أشعة فوق بنفسجية شديدة وأشعة إكس وأشعة كونية تحتوى جسيمات ذرية تصل إلى جو الأرض وتسبب خللاً في كل من المجال المغناطيسي للأرض والطبقات المؤينة في جونا والتي تعكس الموجات الراديوية. علاوة على ذلك تحدث التوهجات الشمسية موجات راديوية كثيفة تتداخل مع رسائل الموجات الراديوية على الأرض.



شكل (16) يبين الدورتين الشمسيتين اللتين حدثتا في عامي 1989&2000

4-1.3 كيف تؤثر البقع الشمسية على أحوال الأرض؟

تتأثر الأرض بكل من التأجج الشمسي والبقع الشمسية. التأجج الشمسي يبعث جسيمات ذات سرعة كبيرة جداً والتي تسبب الفجر القطبي المعروف في نصف الكرة الشمالي بالضوء الشمالي. الجسيمات من التأجج الشمسي يمكن أن تعوق أيضاً الاتصالات الراديوية والإشعاع من التأجج يمكن أن يعطي الركاب في الطائرات جرعة من الإشعاع تكافئ جرعة أشعة X الطبية، البقع الشمسية قد يكون لها ارتباط قوي بمناخ الأرض.

5-1.3 الطاقة الشمسية Solar Energy

تستخدم التقنيات الشمسية طاقة الشمس والضوء للحصول على حرارة، ضوء، مياه ساخنة، كهرباء وتبريد، لتمد المنازل وقطاع الأعمال والصناعة بالحرارة والضوء والمياه الساخنة والكهرباء وحتى التبريد. تستخدم هذه التقنيات الخلايا الشمسية الفوتوفولتية والتي تحول مباشرة ضوء الشمس إلى كهرباء وتصنع من المواد شبه الموصلة. من أمثلة الأجهزة التي تستخدم هذه الخلايا، الساعات والآلات الحاسبة وما شابه ذلك. بينما الأجهزة الأكثر تعقيداً يمكن أن تضيء المنازل والأبنية الضخمة.

تستخدم المواد العاكسة مثل المرايا في تقنيات تركيز طاقة الشمس ثم بعدئذ تحول الطاقة الحرارية المركزة إلى كهرباء. تستخدم سخانات الماء الشمسية إما لتسخين الماء أو لتسخين مائع منقول في مجمع، مثل هذا النظام سيقلل الحاجة إلى سخانات الماء التقليدية بحوالي الثلثين.

ضوء الشمس Sun Light

ضوء الشمس عبارة عن خليط من الضوء المرئي لنا والأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء وكلاهما غير مرئي لنا. تمثل الأشعة تحت الحمراء 60% من أشعة الشمس، حوالي 37% من أشعة الشمس توجد في المنطقة المرئية، ويوجد 3% فقط في منطقة الأشعة فوق البنفسجية. وحديثا اكتشفت نسبة ضئيلة جداً من الأشعة السينية وأيضاً الموجات الراديوية.

6-1.3 الوقاية من أشعة الشمس Sun Safety

بدون الشمس لا يمكن ببساطة أن يكون للحياة وجود على الأرض، فهي تزودنا وتزود بيوتنا بالضوء والدفء وعلى أي حال، أشعة الشمس يمكن أن تكون أيضاً ضارة. التعرض الزائد للأشعة فوق البنفسجية الشمسية يمكن أن يتلف الجلد والعين. تأثيرات التلف الشمسي تشمل:

1- النمش أو الكلف **Freckling**

2- الصبغة السوداء للجلد **Tanning**

3- حروق الشمس **Sunburn**

4- انكماش الجلد **Wrinkling**

5- المياه البيضاء **Cataracts**

6- سرطان الجلد Skin Cancers

أكثر السرطانات شيوعاً في الولايات المتحدة، سرطانات الجلد، يشخص كل عام أكثر من مليون حالة جديدة لسرطان الجلد، ذلك في ولاية الأريزونا وأيضاً في أستراليا. التعرض الزائد أو المتكرر لفترات طويلة تصل إلى كثير من السنين يسبب بعض أنواع سرطانات الجلد.

عوامل الخطر Risk Factors

بعض عوامل الخطر لإصابة الفرد بسرطان الجلد تكون خارج نطاق تحكم الفرد.

1- تاريخ العائلة:

الأفراد الذين لديهم تاريخ عائلي في سرطان الجلد يكون احتمال إصابتهم بسرطان الجلد أكثر من غيرهم ممن لا يوجد لديهم هذا التاريخ.

2 - الخصائص الفيزيائية :

الفرد ذو الجلد الأشقر والعيون الخضراء والزرقاء والشعر الأحمر أو Blonde والذين عندهم نمش يكون احتمال تعرضهم لخطر السرطان أكثر بكثير من غيرهم.

3- البيئة :

الأفراد الذين يعيشون أو يعملون أو يلعبون قرب خط الاستواء عند مستويات مرتفعة في أماكن جافة ومشمسة يكونون أكثر عرضة لخطر التعرض للشمس وحروق الشمس، وسرطان الجلد. فوق الجبال تكون أشعة UV أكثر شدة عن قيمتها على الأرض. عند ارتفاع حوالي 10000 قدم تكون UV أكثر شدة بنسبة 50% من قيمتها عند مستوى البحر وأيضاً نقص سمك طبقة أوزون الأرض الواقية تزيد تعرض أي فرد لأشعة UV. أثبتت الأبحاث أن النقص في سمك طبقة الأوزون بمقدار 1% يزيد من شدة أشعة UV بمقدار 2%. ويمكن أن

تؤدي الزيادة في شدة UV بمقدار 2% إلى زيادة مقدارها من 2% إلى 4% في سرطان الجلد. وتوجد علاقة واضحة بين تآكل طبقة الأوزون والزيادة في شدة التعرض لأشعة UV.

منع إتلاف الجلد والعين Preventing Skin and Eye Damages

حتى لو كنت غير قادر على التحكم في نوع جلدك أو أين تعيش، فيمكنك التحكم في قدرتك على أن تكون أمناً من الشمس. معظم سرطان الجلد ينتج من التعرض الزائد لأشعة الشمس UV. بتقليل تعرضك للشمس فإنك تساعد على منع سرطان الجلد. ينبغي أن تكون أنت وعائلتك حذرين من مخاطر التعرض الزائد للشمس وتستخدموا كل وسائل الأمان ضد الشمس للوقاية من المشاكل الصحية الناجمة عنها.

كيف تحمى نفسك من الشمس؟
How Can you Protect Your Self From the Sun?

1- دليل UV اليومي The Daily UV Index

وكالة حماية البيئة للولايات المتحدة Environmental Protection Agency [EPA] و[NWS] natural Weather Service قد قدمت دليل الأشعة فوق البنفسجية UV Index، يوضح دليل UV المستوى المحتمل للتعرض لإشعاع UV في مدينة معينة في يوم معين.

حدد وقتك في الشمس Limit Your Time in Sun

- تكون UV أكثر شدة في الفترة من 10 صباحاً حتى الثالثة مساء. لذلك نظم نشاطك في الخلاء قبل وبعد ساعات ذروة شدة الشمس.
- الثلوج يمكن أن تعكس أشعة UV إليك وتسبب حروق الشمس الشديدة. إذا

اضطرتك الظروف إلى التواجد في الخلاء في ساعات ذروة الشمس احرص على أن يكون معك.

- مظلة أو تتواجد في المساحات المظللة.
- المظلات والأشجار وظلال البيوت هي مصادر جيدة للظل.
- الملابس **Clothing**
- ينبغي أن تغطي الملابس كل الجلد، مثل القمصان ذات الأكمام الطويلة وتكون بياقات وسراويل طويلة – ملابس سباحة واقية من الشمس وجوارب وأحذية.
- اختيار الملابس ضيقة النسيج أو محكمة بحيث تكون الفراغات بين الخيوط أقل ما يمكن.
- اختيار الملابس ذات اللون الغامق لأنها جيدة الامتصاص لأشعة **UV** أكثر من الملابس ذات الألوان الفاتحة وبذلك لا تصل إلى الجسم.
- اختيار المنسوجات ذات الأوزان الثقيلة لأن قدرتها على منع **UV** أكثر من الملابس ذات الوزن الخفيف.
- لبس قبعات ذات أحرف عريضة.
- لبس نظارات شمسية تمنع **100%** أشعة **UV**.
- استخدام واقي للشمس (دهان) **Use Sunscreens**.
- استخدام واقي (دهان) للشمس مع تغطية كاملة بالملابس.
- الابتعاد عن الأماكن التي لا تضطر إلى التواجد فيها.
- استخدام الدهان للوقاية وليس لتطويل مدة التعرض لأشعة **UV**.
- اختيار دهان واسع الفائدة لمنع **UVA** المسببة لشيخوخة الجلد، **UVB** المسببة لحروق الشمس.
- اختيار دهانات تقاوم الماء لكي لا تغسل بسهولة بالماء.
- تكرار استخدام الدهان كل ساعتين وبعد السباحة والتنشيف أو العرق.

- استخدام الدهانات قبل الخروج إلى الشمس بنصف ساعة لكي يكون هناك وقت لكي يمتص الجلد هذه الكيماويات.

2.3 الأرض The earth

لقد عرفنا من قبل أنه بعد الانفجار العظيم وتمدد الكون انفصلت أجزاء من السحابة الكونية التي نتجت عن هذا الانفجار وبدأ كل منها في التقلص وتكوين المجرات والشموس بداخلها. وتكونت الأرض في داخل السحابة الشمسية وقد مرت بالمراحل المختلفة التي مرت بها الكواكب الصلبة الأخرى بدرجات متفاوتة. يقدر عمر الأرض بحوالي 4.5 بليون سنة تماماً مثل عمر الشمس. كانت الأرض في البداية مصهوراً، وفي هذا الوقت انفصلت المادة تبعاً لكثافتها، المواد الأثقل مثل (الحديد) هبطت إلى القلب بينما طفت المواد الأخف على السطح وهكذا تكونت القشرة.

تتكون الأرض من عدة طبقات مختلفة كل منها يتكون من عناصر مختلفة. كثافة الأرض تقدر في المتوسط $5.52\ gm/cm^3$، كثافة القشرة أقل من ذلك بكثير لذلك فهي تطفو على السطح. والطبقات الأربعة هي:

1- **القشرة:** هي طبقة رقيقة جداً بالنسبة لنصف قطر الأرض ويتراوح السمك بين 35–60 كيلومتراً. ويوجد في هذه القشرة نسبة من الحديد تصل إلى 5.6%.

2- **الوشاح:** هو طبقة صخرية كثيفة شديدة السخونة وتحت ضغط هائل. في هذه الطبقة تتناقص نسبة الحديد من الداخل إلى الخارج والنطاق الأعلى منها شبه منصهر . عندما يتحرك الوشاح، القشرة التي تطفو فوقه تتحرك أيضاً مسببة الزلازل.

3- **اللب السائل:** يتكون من منصهر الحديد والنيكل وكثافته حوالي $14gm/cm^3$ في حين أن كثافة القشرة $3gm/cm^3$ والوشاح $4.4gm/cm^3$.

4- اللب الصلب: هو مثل اللب السائل ما عدا أن منصهر الحديد والنيكل يكون تحت ضغط أعلى ويتكون أغلبه من الحديد والنيكل. ويشكل الحديد أكثر من ثلث كتلة الأرض (35.9%) المقدرة بحوالي ستة آلاف مليون مليون طن (10^{21}طن). ولولا حديد الأرض ما أمكن أن يكون لها مجال مغناطيسي وبالتالي ما أمكن لها أن تجذب غلافاً هوائياً أو غلافاً مائياً ولا أمكن لها أن تكون صالحة للحياة.

المكونات الحالية للأرض: الأكسجين (45.5%)، السليكون (27.2%)، ألمونيوم (8.3%)، الحديد (6.2%)، الكالسيوم (4.7%)، الماغنيسيوم (2.8%)، الصوديوم (2.3%)، البوتاسيوم (1.8%)، التيتانيوم (0.6%)، والمكونات الأخرى أقل من (1%).

1-2.3 تكون الصخور

1- الصخور النارية

تتكون الصخور النارية عندما تندفع الحمم إلى قشرة الأرض وتبرد. وتتكون من بلورات، لا تحتوى على أي حفريات، أي شيء حي يسقط على الصخرة المنصهرة يحترق ولا يبقى منه أثر. تتكون الصخرة النارية عندما تبرد الحمم ببطء تحت السطح مثل الجرانيت. والحمم التي تصل إلى السطح خلال بركان تبرد بسرعة مثل البازلت. الصخور النارية التي تبرد ببطء تشكل بلورات ضخمة مثل الجرانيت ولكن الصخور التي تبرد بسرعة تكون بلوراتها أصغر مثل البازلت.

2- الصخور الرسوبية

هذه الصخور تتكون في البحار الضحلة بعد فترة طويلة من الزمن. الطبقات الرسوبية ترتفع فوق بعضها إلى أعلى، والطبقات التحتية تصبح تحت ضغط كبير. هذا الضغط يدفع الماء خارج الطبقات أو الرسوبيات ويتبلور الملح

وتلتصق الجسيمات معاً مكونة صخوراً رسوبية. الأشياء الحية الساقطة على الرسوبيات تترك انطباعاً عن تكون الصخرة (حفرية). وهكذا تبين الحفريات أن الصخرة تكونت من الرسوبيات.

عمر الصخور الرسوبية

تتكون الصخرة الرسوبية في طبقات، الرسوبيات الحديثة تبقى على سطح الأقدم منها لذلك فإن عمر الصخرة الرسوبية يزداد مع العمق. الحفريات المعروف عمرها يمكن استخدامها لمعرفة تاريخ الصخور.

3- الصخور المتحولة

تتكون الصخور المتحولة بفعل الحرارة والضغط لفترات زمنية طويلة على الصخور التي كانت قد تكونت بالفعل. حركات الأرض تدفع جميع أنواع الصخور تحت الأرض. وهنا تقع هذه الصخور تحت ضغط عال وسخونة شديدة، لذا يتغير تركيبها المعدني، على سبيل المثال، يتكون الرخام من الحجر الجيري. والصخور المتحولة لها نفس التركيب الكيميائي مثل الصخور التي تكونت منها. الحجر الجيري يتكون من كربونات الكالسيوم. والرخام الذي ينكون من الحجر الجيري يتكون أيضاً من كربونات الكالسيوم. الحجر الطيني في الصخرة الرسوبية يتحول إلى صخرة متحولة تسمى إردواز (صخر صفائحي) كل من الحجر الجيري والإردواز يحتوى على نفس المعدن الشبيه بالطفلة.

ونذكر فيما يلي بيانات الأرض.

المسافة من الشمس	
المتوسط	92960000 mi.
الأقصر	91400000 mi.
الأكبر	94500000 mi.
أقرب تصور للأرض	
طول السنة (اليوم الأرضي)	365.22
متوسط السرعة المدارية	18.51mi.per sec.

القطر عند خط الاستواء	7926
فترة الدوران	23hrs.56min
ميل المحور (بالدرجة)	23.44
الحرارة	-128.6 to 136*F
الجو	
الضغط	14.7lbs.per sq. in
الغازات	نيتروجين، أكسجين، ثاني أكسيد الكربون، بخار الماء
كتلة الأرض	6.0x1024Kg
الكثافة	5.52 g/cm^3
عدد الأقمار المعروفة	1

الكواكب المعروفة لنا هي: عطارد، الزهرة، الأرض، المريخ، المشترى، زحل، أورانوس، نبتون، بلوتو.

بالرغم أن بداية كواكب المجموعة الشمسية كانت واحدة إلا أنها تنقسم إلى مجموعتين، المجموعة الأولى كواكب عطارد والزهرة والأرض والمريخ. وقد أخذت درجة حرارة هذه الكواكب تبرد وبدأت مكونات أسطحها في التحول من السيولة إلى الصلابة لذا يطلق عليها الكواكب الصلبة. وكواكب المجموعة الثانية بقيت أسطحها في درجات مختلفة من السيولة.

أصل المحيطات Origin of the Oceans

تكونت المحيطات عندما بردت الأرض وتكثف بخار الماء في الغلاف الجوى إلى ماء سائل وعاد إلي الأرض مطراً. وتعتبر المحيطات كمستودعات لغاز ثاني أكسيد الكربون لأنه يمكنها تخزين هذا الغاز عندما يذوب فيها. المحيطات الحديثة أذابت كميات هائلة من غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو. ومازالت المحيطات تلعب دورًا في الحفاظ على مستويات ثاني أكسيد الكربون ثابتة. إذا كان هناك كمية من ثاني أكسيد الكربون زائدة في الهواء عندئذ ستذوب الكمية الزائدة وإذا وجد في الهواء كمية أقل فإن بعضا منها يعود من المحيط إلى الجو.

المجال المغناطيسي للأرض Earth's Magnetic Field

للأرض مجال مغناطيسي ناتج عن وجود جسيمات مشحونة تتحرك في الوشاح والألباب. هذا المجال المغناطيسي يحمينا من الأشعة المؤينة في الرياح الشمسية. ينشأ عن دوران لب الأرض المكون من مصهور الحديد تيارات كهربائية ينتج عنها خطوط مجال مغناطيسي حول الأرض، تشبه تماماً خطوط المجال المغناطيسي للقضيب المغناطيسي، تمتد عدة آلاف من الكيلومترات خارج سطح الأرض. تنتج الشمس تياراً ثابتاً من الجسيمات التي تندفع إلى الفضاء وتنتشر في الغالب بسرعة واحد مليون ميل في الساعة. تتغير شدة هذا التيار من الجسيمات والمسمى بالرياح الشمسية مع نشاط سطح الشمس. هذه الريح الشمسية تتكون أولاً من بروتونات وإلكترونات ولكنها تحتوي على أيونات- غالباً - من كل عنصر في الجدول الدوري. جسيمات الريح الشمسية المشحونة لا تستطيع اختراق المجال المغناطيسي للأرض بسهولة. التفاعل بين الجسيمات والمجال المغناطيسي للأرض يكون جبهة صد تنحرف حولها الجسيمات تماماً كما تنحرف المياه حول مقدمة الباخرة. التجويف المتكون من هذه العملية يسمى الغلاف المغناطيسي **Magnetosphere** هذا التجويف يكون بمثابة الدرع لحماية سطح الأرض من هذه الجسيمات.

2-2.3 تكون الجبال Mountains Formation

تعرف الجبال بأنها أشكال أرضية ترتفع فوق مستوى المنطقة المحيطة بها وتتميز بقممها الضيقة وسفوحها المنحدرة. الجبال لا تقف شامخة فوق سطح الأرض فقط بل تمتد أيضاً في أعماق الطبقة الصخرية للأرض. وتظهر الجبال في كل أنحاء العالم، تؤثر في حالة الجو المناخية. وقد تكون الجبال أحياناً على شكل مرتفعات منفردة معزولة وقد توجد متصلة في سلاسل جبلية طويلة. والجبال المعزولة تكون عادة بركانية، وكانت الجبال تعمل دائما كحواجز تعوق السفر والاتصالات. نظراً لأنها ذات كتل صخرية يصعب التنقل فوقها. في الماضي، فصلت الجبال بين الأديان والثقافات، ولكن الآن أصبح لها أهمية اقتصادية بسبب

ثرواها المعدنية، وأيضاً يستخدمها الناس للاستجمام وتجديد نشاطهم.

كيفية تكون الجبال ؟ How Mountains are Formed?

تنقسم الجبال إلى أربعة أنواع رئيسية هي:

1- الجبـــال البركانيـــة: Volcanic Mountains

هي أبسط أنواع الجبال التي يعرفها الإنسان وتكون عـــادة علـــى شـــكل قمـــم معزولة، تكونت من تراكم الحمـــم والصـــخور البركانيـــة المنصـــهرة المتدفقـــة عـــبر فوهات البراكين، والتي ربما تراكمت بســـرعة (في ســـنوات قليلـــة) أو ببـــطء (علـــى مدى آلاف السنين). وهذه هي طريقة تحرر الأرض من حرارتها.

2- الجبـــال المطويـــة Folded Mountains

يتكون هذا النوع من الجبال مـــن أنـــواع مختلفـــة مـــن الصـــخور والأنمـــاط التركيبية التي تتضـــمن عمليـــات الطـــي والتصـــدع، التصـــدع الراكـــب وأنشـــطة الصخور النارية.

3- الجبال ذات الكتل المتصدعة Fault Block Mountains

تتكون هذه الجبال مـــن التصـــدع الرأســـي للكتـــل الضـــخمة مـــن الأرض وتتكون الوديان ذات الكتل المتصدعة أيضاً بنفس الطريقة.

4- الجبـــال الحتيـــة Erosion Mountains

هي عبارة عن بقايا لهضاب نحتتها عوامل التعرية.

3-2.3 كيف تحدث الزلازل؟ How Earthquakes Happen ?

الزلزال عبارة عن هزة، أحياناً عنيفة، لســـطح الأرض، تلـــي انطـــلاق طاقـــة في قشرة الأرض. هذه الطاقة يمكن تولدها من انخـــلاع مفـــاجئ لقطـــع أو شـــظايا مـــن القشرة، بسبب ثورة بركانية أو انفجـــارات مـــن صـــنع الإنســـان. معظـــم الهـــزات المدمرة على أي حال تحدث من انخلاع القشـــرة. القشـــرة قـــد تـــنحني أولاً وبعدئـــذ

عندما يزداد الضغط عن قوة الصخور تتحطم وتقصف وتدفع إلى مكان جديد. في عملية التحطيم تتولد اهتزازات تعرف بالموجات الزلزالية. هذه الموجات تنتقل بعيداً عن مصدر الزلزال على طول السطح وخلال الأرض بسرعات متفاوتة تعتمد على المادة التي تتحرك خلالها. ترددات بعض الاهتزازات تكون عالية جداً لدرجة كافية تجعلها مسموعة بينما البعض الآخر تكون منخفضة جداً، هذه الاهتزازات تجعل الكوكب كله يرتج أو يحدث رنيناً مثل الجرس أو الشوكة الرنانة.

3.3 القمر The Moon

يسمى عند الرومان **Luna** وعند اليونان **Selene & Artemis** وله أسماء أخرى عديدة في الأساطير القديمة. قد عرف القمر، بالطبع، عند أزمان ما قبل التاريخ وهو ثاني أسطع جسم في السماء بعد الشمس. عندما يدور القمر حول الأرض مرة كل شهر، الزاوية بين الأرض والقمر والشمس تتغير ونرى هذا كدورة أطوار القمر. الزمن بين الأقمار الجديدة المتعاقبة هو **29.5** يوماً (**709** ساعة)، يختلف قليلاً عن الفترة المدارية للقمر **24.084** ساعة (مقاسة مقابل النجوم) حيث إن الأرض تتحرك مسافة واضحة في مدارها حول الشمس في هذا الوقت.

يتغير ظهور القمر على الأرض لأننا نرى الأجزاء المختلفة من سطحه المضيء بالشمس. عندما يدور القمر حول الأرض يظهر لنا الجانب المضيء عند زوايا مختلفة ويعتمد الطور الذي نراه في ليلة خاصة على وضع القمر بالنسبة لكل من الأرض والشمس، يوجد ثمانية أطوار للقمر. يظهر القمر في بداية كل شهر عربي في السماء على هيئة هلال، وبعد أسبوع يكتمل نصفه ويقال إنه في التربيع الأول لأنه يكون قد قطع ربع دورة حول الأرض، ويأخذ الجزء المضيء من القمر في الزيادة كلما تحرك القمر جهة الشرق يوماً بعد يوم حتى إذا مضى أسبوع آخر وانتصف الشهر صار القمر بدراً. ولا يكاد القمر يكتمل حتى يأخذ الجزء الغربي منه في التناقص رويداً رويداً ويتضاءل، ويقترب من التربيع الأخير في نهاية

الأسبوع الثالث (Third Quarter) ونـراه كمـا كـان في التربيـع الأول، لكـن الجزء المضيء يكون في اليسار ويكون القمر قـد أتم ثلاثـة أربـاع دورتـه في رحلتـه الشهرية حول الأرض، ويستمر القمر في التضاؤل ليصير هـلالاً مـرة أخـرى وبعـد مضى 29 يوماً تقريباً تصبح الشمس والأرض والقمر في خـط واحـد يكـون القمـر بين الشمس والأرض فلا يرى من النصف المضـيء شـيئاً لأن النصـف المظلـم هـو الذي يواجه الأرض حينذاك ويطلق على القمر عندئـذ "المحـاق" كمـا يطلـق علـى القمر اسم الأحدب عندما يصبح ثلاثة أرباع وجهـه مـنيراً ويكـون ذلـك في يـومي الحادي عشر والسابع عشر مـن الشـهر العـربي. وتسـمى أطـوار القمـر باللغـة الأجنبية:

New moon, Crescent, First quarter, Gibbeous, Fullmoun, Gibbeous, Third quarter, Crescent.

أول زيارة للقمر قامت بها مركبة الفضاء السـوفيتية، لونـا **Luna 2** سـنة **1959**م. القمر هو الجسم الوحيد خـارج الأرض الـذي زاره الإنسـان، أول هبـوط على القمر كان 20 يوليو **1969**م، والهبوط الأخير كـان في ديسـمبر **1972**م. كمـا أن القمر هو أيضا الجسم الوحيد الذي أخـذت منـه عينـات وعـادت إلى الأرض. في صيف **1994**م وضعت خريطـة للقمـر بمركبـة الفضـاء الصـغيرة **Clementine** ومرة أخرى في **1999**م بواسطة قمر التنقيب **Prospector Lunar**.

القمر ليس له جو لكن هناك دليل من **Clementine** يقترح أنـه قـد يكـون هناك ثلج ماء في بعض فوهات الـبراكين العميقـة في القطـب الجنـوبي للقمـر الـتي تكون دائماً مظلمة وقد تأكد هذا الاقتراح بواسطة التنقيـب بالأقمـار. هـذا، ومـن الواضح أنه كان هناك ثلج عند القطب الشمالي.

طول مدار القمـر يسـاوى **384,400 Km** مـن الأرض وقطـره **3476 Km** وتقدر كتلتـه بحـوالي **$7.35x10^{22}$ Kg**. حـوالي **1/81** مـن كتلـة الأرض. وقـوة الجاذبية تساوي **17%** من قوة جاذبيـة الأرض فمـثلاً إذا كـان وزن شـخص علـى الأرض **45** كيلوجراماً يكون وزنه علـى القمـر **7.6** كيلوجرامـاً. متوسـط سمـك قشرة القمر **68Km** وتتغير من مكان إلى آخر. تحت القشـرة يوجـد غـلاف ومـن

المحتمل لب صغير (بالتقريب نصف قطره 340Km و 2% من كتلة القمر).
على عكس الأرض، على أي حال، جوف القمر ليس نشطًا، ومن المستغرب أن مركز كتلة القمر يميل للخارج من المركز الهندسي بحوالي 2Km في الاتجاه المتجه إلى الأرض. والقشرة أيضاً أرق في الجانب القريب.

- كثافة القمر المنخفضة (3.3 g /cc) تبين أن لبه لا يحتوى على الحديد كما هو الحال في الأرض.
- تحتوى صخور القمر على قليل من المواد المتطايرة مثل الماء.
- وفرة نظائر الأكسجين (^{16}O, ^{17}O, ^{18}O) على الأرض والقمر المتماثلة - يقترح أن الأرض والقمر تكونا عند بعد واحد من الشمس.
- لو أن القمر تكون بالقرب من الأرض لكان له نفس المكونات - وعلى الأخص اللب الحديدي.

قد عاد إلى الأرض 382 كيلوجرام من عينات الصخور عن طريق برامج أبللو Apollo، ليونا Luna. لقد أعطتنا هذه العينات معرفة تفصيلية عن القمر، وحتى الآن وبعد أكثر من 20 سنة بعد الحصول على هذه العينات ما زال العلماء يدرسونها.

معظم الصخور على السطح يظهر أن عمرها حوالي بين 4.6 و 3 بليون سنة وهى تشابه صخور الأرض القديمة والتي يبلغ عمرها حوالي أكثر من 3 بليون سنة. هكذا يعطى القمر دليلا عن التاريخ المبكر للنظام الشمسي غير المتاح على الأرض.

قبل دراسة عينات أبوللو لم يكن هناك إجماعاً حول أصل القمر، وكان يوجد ثلاث نظريات أساسية هي:

التكون المشترك Co-accretion: قد أشارت هذه النظرية إلى أن القمر والأرض تكونا في نفس الوقت من السدم الشمسية.

الانشطار fission: أي أن القمر انشطر من الأرض.

الأسر Capture: وتذكر هذه النظرية أن القمر تكون في مكان ما وبعدئذ أسر بالأرض. لكن ولا واحدة من هذا العمل كان صائباً. ولكن المعلومات الجديدة المفصلة التي تم الحصول عليها من فحص صخور القمر أدت إلى نظرية الارتطام.

نظرية الارتطام The impact Theory: أي أن الأرض اصطدمت بجسم ضخم جداً (بضخامة المريخ أو أكثر) وتكون القمر من المادة المقذوفة. وما زال هناك تفاصيل يجب أن يتم الحصول عليها، لكن نظرية الارتطام هي الآن المقبولة على نطاق واسع.

ليس للقمر مجال مغناطيسي ولا جو ولكن بعض صخور السطح تظهر بقايا مغناطيسية توضح أنه كان يوجد في الزمن المبكر في تاريخ القمر مجال مغناطيسي.

مع عدم وجود جو أو مجال مغناطيسي يتعرض سطح القمر مباشرة لريح شمسية. على مدى حياته العمرية بأربعة مليون سنة كثير من أيونات الهيدروجين من الريح الشمسية قد أصبحت مدفونة في القمر **Regolith**. العينات من **Regolith** التي جاءت من رسالة أبللو **Apollo** أثبتت قيمة مهمة في دراسة الريح الشمسية. وهكذا الهيدروجين القمري قد يكون له استخدام في بعض الأيام كوقود للصواريخ.

نتيجة لحجمه ومكوناته يرتب القمر ككوكب أرضي مع عطارد **Mercury** (أقرب وأصغر السيارات للشمس)، فينوس **Venus**، الأرض **Earth**، المريخ **Mars** (إله الحرب عند الرومان).

4.3 العلاقة بين القمر، الأرض، الشمس – المد والجزر

ما هو المد والجزر؟ What are Tides?

يطلق على موجات الماء المتحركة ببطء بأطوال موجية كبيرة المد والجزر. ينتج عن المد والجزر ارتفاعاً وهبوطا دوريا في مستوى سطح المحيط. وعندما يأتي

المد والجزر يرتفع مستوى الماء ويتحطم المد والجزر أكثر فأكثر على الشاطئ. عندما يكون مستوى سطح المحيط عند أعلى نقطة يكون المد والجزر عالياً. بمجرد وصول النقطة العالية يبدأ المد والجزر في الهدوء والهبوط. وحين يصل مستوى سطح الماء إلى أقل نقطة فيه يكون المد والجزر منخفضاً.

الشمس والقمر هما أقرب جسمين من الأجسام السماوية إلى الأرض، لذا يحدث عليهما قوة مغناطيسية. دعنا نرى الآن كيف أن القوى المغناطيسية للقمر والشمس بالاشتراك مع القوة المغناطيسية للأرض تشكل المد والجزر.

نعرف أن أي جسم يؤثر بقوة مغناطيسية على أي جسم آخر. يعتمد مقدار هذه القوة على كل من كتلتي الجسمين والمسافة بين الجسم المؤثر والجسم الواقع عليه التأثير. أي أن:

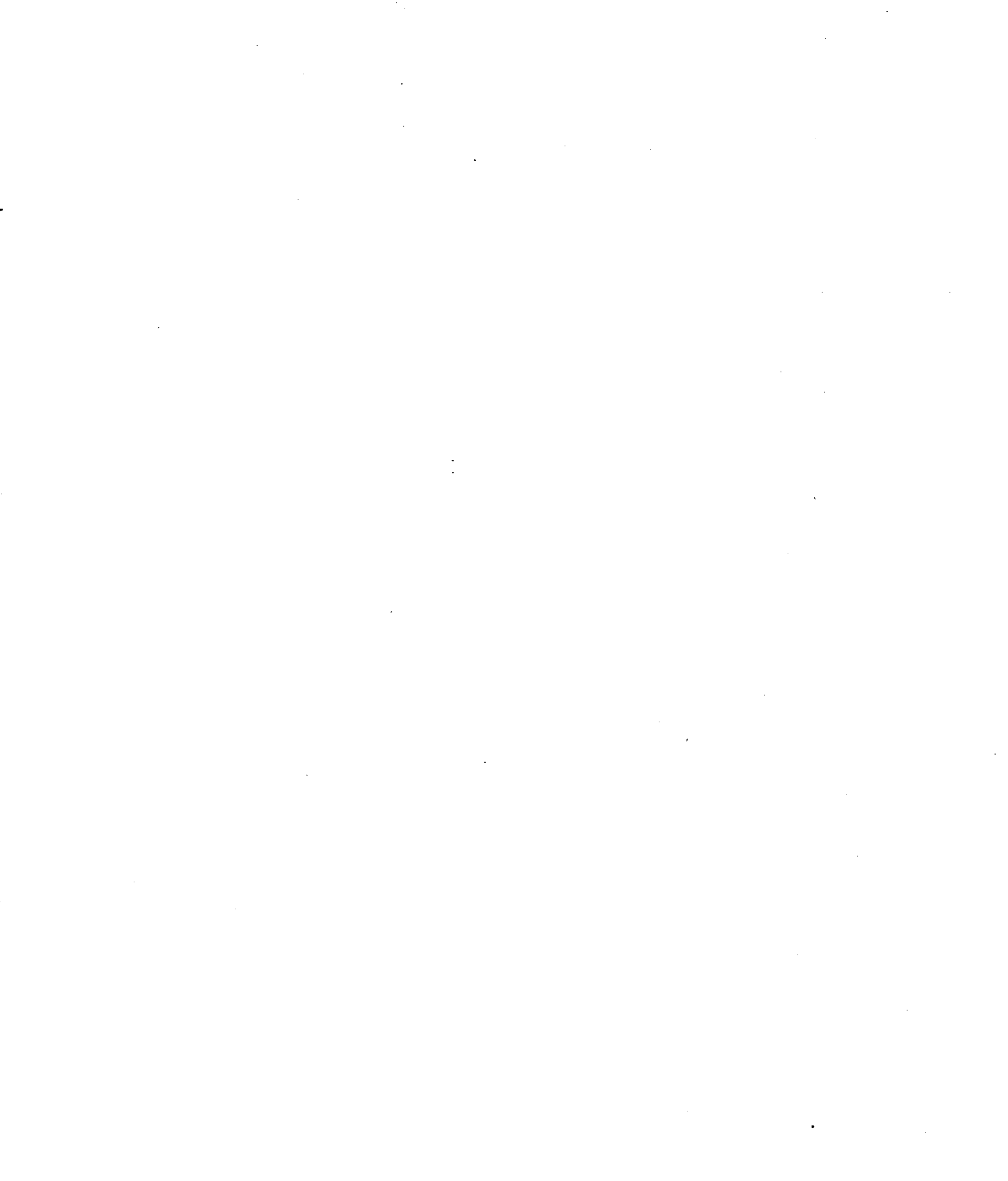
القوة تتناسب مع [كتلة الجسم 1 X كتلة الجسم 2 / (المسافة بين مركزي الكتلتين)^2]

$$F_g = G \{m_1 m_2 / r^2\}$$

تعتبر العلاقة بين القمر والأرض مثالاً واضحاً لهذا المفهوم. ويؤثر كل من الجسمين الكوكبيين على الآخر بقوة مغناطيسية، ولكن، نظراً لأن كتلة الأرض أكبر من كتلة القمر، تكون القوة المغناطيسية التي تؤثر بها الأرض على القمر أكبر من القوة التي يؤثر بها القمر على الأرض. وهذا يفسر لماذا يدور القمر حول الأرض بدلاً من العكس. تنتج عن القوة التي تؤثر بها الأرض على القمر انتفاخاً واضحاً على جزء القمر المواجه للأرض، بينما تولد القوة التي يؤثر بها القمر على الأرض المد والجذر (تغيرات في مستويات المحيط). ويحدث المد المرتفع في آن واحد على كل من سطح الأرض المواجه مباشرة للقمر والسطح المتجه مباشرة بعيدا عن القمر. يحدث المد والجزر المنخفض في مساحات بين هذه الانتفاخات **Buldges**. ولأن الأرض تكمل دورة كل 24 ساعة يحدث اثنان من المد والجزر المرتفع واثنان من المد والجزر المنخفض عند موقع معين من الأرض واليوم.

تؤثر قوة الشمس المغناطيسية أيضاً على المد والجزر. وكنتيجة لتأثير القوة المغناطيسية الإضافية للشمس يزداد ارتفاع المد والجزر المرتفع ويزداد انخفاض المد والجزر المنخفض، عندما تكون الشمس والأرض والقمر على خط واحد. يحدث

هذا المد والجزر أثناء أطوار القمر الكامل والقمر الجديد. على العكس، عندما تكون الشمس والأرض والقمر متعامدة على بعضها البعض، ينتج عن ذلك أدنى مد وجزر مرتفع وأعلى مد وجزر منخفض. ويحدث ذلك أثناء التربيعين الأول والثالث للقمر.



جو الأرض وصحة الإنسان
Earth's Atmosphere &Human Health

1.4 الغلاف الجوي الأولي Primitive Atmosphere

قبل 1930م كان الباحثون يعتقدون أن جو الأرض الأولى لا يختلف جذرياً عن ما هو عليه الآن، بمعنى أنه كان يحتوي الأكسجين O_2 والنيتروجين N_2 وكميات قليلة من ثاني أكسيد الكربون. لكن سرعان ما تيقنوا أن هذا الفرض كان خاطئاً، نظراً لأن الجزيئات العضوية اللازمة للعمليات الحيوية، مثل السكريات والأحماض الأمينية، لا تستقر في وجود مركبات مثل O_2, H_2O, CO_2. في الواقع، تحت مثل هذه الظروف سوف تتحطم الجزيئات البيولوجية بسرعة بمجرد تكونها، ومن المستحيل إنتاج مثل هذه الجزيئات في وجود جو مؤكسد.

معظم النظريين وجدوا أن الطريقة الوحيدة لتفادي هذه المشكلة هي الافتراض بأن الظروف الجوية الأولى كانت مغايرة تماماً لتلك التي هي عليها اليوم. والجو البديل الوحيد الذي يمكن تصوره ليحقق نتيجة ملائمة للتفاعلات الكيميائية هو الجو المختزل – الجو غير المؤكسد الذي لا يحتوي الأكسجين أو يحتوي القليل منه فقط.

تتكون هذه الأجواء المقترحة اليوم من: الميثان، أول أكسيد الكربون، الماء، الهيدروجين، الأمونيا، النيتروجين. ويعطي الجدول التالي مقارنة بين مكونات الجو المختزل ومكونات الجو المؤكسد الحالي.

العنصر	الجو المختزل نظرياً	الجو المؤكسد الحالي
كربون	ميثان (CH_4)، أحادي أكسيد الكربون (CO)	ثاني أكسيد الكربون (CO_2)
هيدروجين	هيدروجين (H_2)	ماء (H_2O)
نيتروجين	أمونيا (NH_3)، نيتروجين (N_2)	نيتروجين (N_2)
أكسجين	ماء (H_2O)	أكسجين (O_2)

من المعروف أن الأغلفة الجوية توجد فقط عندما يكون هناك مجال جاذبية قادراً على مسك الغازات. مثلاً، جاذبية القمر ليست قوية لدرجة كافية تمكنه من الحفاظ على الغلاف الجوي، مع أنه أثناء النشاط البركاني، تأتي الغازات من داخل القمر. الشمس بمجالها الجاذب القوي جداً يمكن أن تحتوي الغاز الأخف، الهيدروجين. الأرض ليست قادرة فقط على مسك هذا الغاز، ولكن كما نعلم، مجال الجاذبية الأرضية كاف لمسك الغازات المميزة لغلافنا الجوي.

الغلاف الجوي للأرض لم يكن دائماً كما هو عليه الآن، بعض العلماء يعتقدون أن كل نظامنا الشمسي تكون عند وقت واحد من المادة الغازية للسحابة الشمسية Solar Nebula . توضح الدراسات على تحلل النشاط الإشعاعي في الصخور أن هذا الحدث من المحتمل أنه تم منذ حوالي 4.5 بليون سنة. الغلاف الجوي الأولى للأرض الذي تكون حديثاً من المحتمل أنه كان يضاهي الغلاف الجوي للشمس الذي نشأت منه و – مثل جو الشمس – يحتوي على الهيدروجين، هليوم، نيون، أرجون، كريبتون والزينون بكميات ضخمة. عندما قارن الباحثون كميات هذه العناصر الموجودة حالياً على الأرض وعلى الشمس، مفترضين أن الشمس تمتلك حوالي نفس الغلاف الجوي الذي كانت تمتلكه عند زمن النشأة، اكتشفوا تبايناً لافتاً للنظر. وقد استخدموا العناصر غير المتطايرة مثل، السيليكون والماغنيسيوم والألمونيوم كأساس للمقارنة بين نظامنا الشمسي والأرضي فوجدوا أن هذه العناصر الغازية تختلف بعدة مرات في المقدار.

معظم إن لم يكن كل الغازات الخفيفة من المحتمل أنها قد تركت الأرض، بسبب ضعف مجال الجاذبية لها، كما أن حرارتها العالية عجلت انتشار هذه الغازات.

الغازات الخفيفة التي مازالت باقية من الغلاف الجوي الأصلي تستمر في مغادرة الأرض بالانتشار. تركيزات الغازات في الغلاف الجوي ينتج من التوازن بين ربحهم القادم من قلب الأرض (البراكين) ومن انقسام الماء، إلى هيدروجين وأكسجين، بفعل أشعة UVC المرتفعة في الغلاف الجوي، والفاقد بالانتشار.

2.4 الغلاف الجوي الثانوي Secondary Atmosphere

الجو هو تجمع من الغازات المكونة للهواء الذي نتنفسه. يتكون الهواء الذي نتنفسه اليوم غالباً من O_2, N_2 ولكن أيضاً SO_2, CO_2, H_2O, He, H_2 والميثان والأمونيا وغازات أخرى كثيرة تشمل سحابة الدخان الناتجة من الأنشطة البشرية. يعتقد العلماء أن الجو الذي نتنفسه اليوم يعتبر شيء آخر غير الجو الذي بدأت به الأرض.

في الحقيقة يعتقد العلماء أن 99% من الجو اليوم جديد مقارنة بالهواء الأصلي. لذلك يطلق العلماء على الجو الراهن الجو الثانوي.

يعتقد العلماء أن الغلاف الجوي الثانوي ظهر عندما برد سطح الأرض وقد تجمع ببطء حول الأرض الباردة من الغازات المنطلقة من جوف الأرض أو من الثورات البركانية الكثيرة التي حدثت في تاريخ الأرض المبكر وما زالت مستمرة حتى الوقت الحاضر، ولكن بمعدل أقل. كل البراكين تختلف عن بعضها البعض ولكن، على وجه العموم، تطلق غازات مثل NO_2, N_2, HCl, H_2S, SO_2, CO_2, H_2O. في الحقيقة يمكن اعتبار النشاط البركاني بمثابة عملية إحلال وتجديد للجزيئات الموجودة في الغلاف الجوي.

قد أثبت العلماء أن الثورات البركانية وما ألقته حول الأرض من غازات وأبخرة وعلى سطحها من حمم ورماد بركاني، قد لعبت دورا أساسياً في بناء القشرة الأرضية، وفى تكون كل من الغلافين الغازي والمائي للأرض. وقد ثبت علمياً أيضاً أن غالبية ما يتصاعد من فوهات البراكين أثناء ثوراتها بخار الماء (أكثر من 70%)، ويليه في الكثرة ثاني أكسيد الكربون وبعض الغازات الأخرى

وعندما برد سطح كوكبنا وتكونت القشرة بدأ تكون الغلاف الجوي الثانوي. ويعتقد العلماء أن معظم الغلاف الجوي والمحيطات تكونت أثناء آلاف الملايين من السنين القليلة الأولى من تاريخ الأرض - وهى الفترة التي زادت فيها الغازات المتدفقة من البراكين عن المعدل الذي تعود به هذه الغازات إلى الأرض الصلبة. أثناء هذه الفترة ضخت كميات ضخمة من بخار الماء وثاني أكسيد الكربون والنيتروجين والغازات الأخرى إلى الغلاف الجوي.

عندما بردت الأرض تكثف بخار الماء وتحول إلى ماء سائل يغطى الآن مساحة كبيرة من سطح الأرض. أما ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت فقد ذابا في ماء المحيط. اتحد ثاني أكسيد الكربون مع عناصر أخرى في المحيطات مكوناً الحجر الجيري الذي ترسب في قاع المحيط.

نقص الأكسجين في الغلاف الجوي دل على أن الأوزون الذي يتكون منه كان يوجد في الغلاف الجوي بكميات ضئيلة إلى حد سمح للأشعة فوق البنفسجية UVC اختراق الغلاف الجوي. وبالتالي وصلت الأشعة فوق البنفسجية بسهولة إلى السطح. وقد حطمت هذه الأشعة الجزيئات الكبيرة والتي تتكون أساسا من النيتروجين. لهذا السبب ساد النيتروجين الغلاف الجوي بنسبة (78%) في الوقت الحالي. في حين يمثل الأكسجين الحر نسبة 21% من غازات الغلاف الجوي، ولكن السؤال هو ما هو مصدر هذا الأكسجين؟. وكيف وصل الأكسجين إلى هذا المستوى؟.

إنتاج الأكسجين Oxygen Production

يأتي الأكسجين من العمليتين التاليتين:

أ - **التفكك الكيموضوئي:** عندما يوجد بخار الماء في الغلاف الجوي فسوف تتفكك كمية منه إلى أكسجين وهيدروجين بسبب أن بخار الماء يمتص أشعة UVC. وكانت مستويات الأكسجين المتكون بهذه الطريقة تمثل من 1-2% من مستوياته في الوقت الحالي.

ب – التمثيل الضوئي:

بخار ماء + ثاني أكسيد الكربون + ضوء الشمس = O_2 + مركبات عضوية

استهلاك الأكسجين Oxygen Consumption

يستهلك الأكسجين من الجو بسبب العمليات التالية:

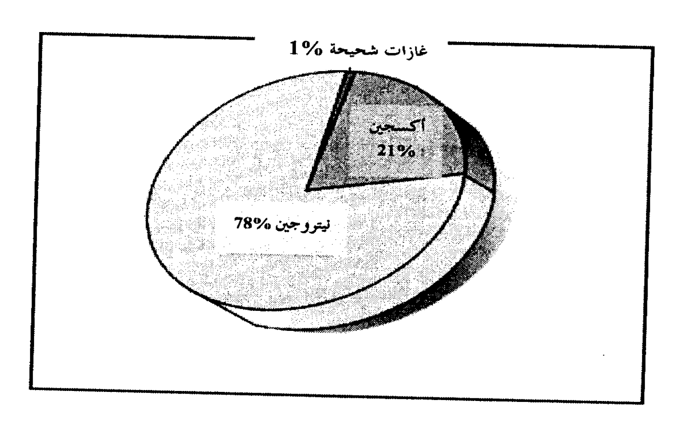
- تأكسد مواد السطح وذلك يحدث منذ الزمن الباكر.
- تنفس الحيوانات بما في ذلك الإنسان وبدأ ذلك في فترة متأخرة جداً إضافة إلى احتراق الوقود الحفري وجاء ذلك في فترات متأخرة جداً جداً).

يتبادل كل من الإنسان والحيوان مع النبات غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وكل منهم يطلق بخار الماء إلى الغلاف الجوي. ونتيجة للبخر من الأسطح المائية وتنفس الحيوانات بما فيها الإنسان إضافة إلى نتح النبات يرتفع بخار الماء إلى الغلاف الجوي حيث يتكثف ويعود إلى الأرض مطرا. وثاني أكسيد الكربون يلعب دوراً أساسياً في عملية التمثيل الضوئي التي يقوم بها النبات.

3.4 خواص الغلاف الجوي Atmosphere Properties

غلاف الهواء الرقيق الذي يحيط كوكبنا عبارة عن خليط من الغازات لكل منها خواصه الكيميائية والفيزيائية. النيتروجين والأكسجين يكونان 99% من حجم الهواء. وتتكون نسبة 1% من غازات شحيحة وغاز الأرجون الخامل له النصيب الأكبر من هذه النسبة. بالرغم من أن الباقي من هذه الغازات الشحيحة يوجد بكميات ضئيلة جداً إلا أنها ذات أهمية كبيرة للغاية للحياة على الأرض. وثاني أكسيد الكربون والأزون، على وجه الخصوص يمكن أن يكون لهما أثر كبير على العمليات الحيوية. وبخار الماء غاز آخر يوجد أيضاً بكميات صغيرة، يتغير تركيز بخار الماء من منطقة إلى أخرى، فهو لا يوجد مثلاً فوق المناطق الصحراوية، بينما

توجد منه نسبة 4% فوق المحيطات. وهذا مهم جداً في الحالة المناخية للجو نظراً لأنه يوجد في الحالات الغازية والسائلة والصلبة ويمتص الطاقة الإشعاعية من الأرض.



شكل (17) يبين الغازات التي تكون الهواء الجاف

4.4 تركيب الغلاف الجوي Structure of Atmosphere

نقسم الغلاف الجوي رأسياً، على أساس خواصه الحرارية، إلى أربعة طبقات: تروبوسفير، ستراتوسفير، ميزوسفير، ثرموسفير. وسنركز على الطبقة التي تهمنا منها أي الطبقة التي نعيش فيها وكل التغيرات المناخية للأرض توجد في هذه الطبقة وهي طبقة التروبوسفير وتسمى أحياناً طبقة المناخ أو التغيرات المناخية. وهذه الطبقة لها من الصفات الفيزيائية والكيميائية ما يجعلها صالحة للحياة.

خصائص التروبوسفير Properties of Troposphere

1- يمتد التروبوسفير من سطح الأرض حتى (في المتوسط) 12 كيلومتراً (7 ميل) إلى أعلى ويتراوح الضغط من 1000 إلى 200 مللي بار. تقل درجة الحرارة مع الارتفاع حتى التروبوبوز، وهي قمة التروبوسفير. والتروبوبوز هو سطح يمثل

المستوى الذي عنده ينتهي فيض الحرارة من الأرض إلى الجـو. وتوجد على ارتفاع حوالي 16 كيلومتراً فوق خط الاستواء وعلى حوالي 8 كيلومتراً عند القطبين. الضغط عند هذه الطبقة يكون حوالي 200 مللي بار. ومتوسط درجة الحرارة 15°C (59°F) بالقرب من السطح، 57°C- (71°F-) عند القمة. عادة تقل درجة الحرارة حوالي 6.5 درجة مئوية كلما ارتفعنا كيلومتراً واحداً من سطح الأرض في حالة الجو المشبع ببخار الماء وحوالي 10 درجات في حالة الجو الجاف.

2- تنتهي الطبقة عند النقطة التي لا يحدث عندها تغير آخر في درجة الحرارة مع الارتفاع. وتأتي بعد قمة هذه الطبقة مباشرة طبقة ستراتوسفير.

3- تزداد الرياح مع الارتفاع حتى التيارات النفاثة. توجد التيارات النفاثة قرب مستوى التروبوبوز ويصل طولها إلى عدة آلاف من الكيلومترات بينما عرضها يصل إلى عدة مئات من الكيلومترات، وهى عبارة عن ما يشبه الأنهار أو الأنابيب الهائلة التي يتحرك فيها الهواء بسرعة كبيرة جداً مقارنة بسرعة الهواء الموجود حول هذه الأنابيب الهوائية، لذا اصطلح العلماء على تسميتها باسم التيارات النفاثة.

تقل الرطوبة مع الارتفاع حتى قمة الطبقة. ويكون الهواء أكثر جفافاً فوق قمة طبقة التروبوبوز أى في طبقة ستراتوسفير.

4- حرارة الشمس التي تسخن سطح الأرض تنتقل إلى أعلى بالحمل وتختلط التيارات الصاعدة مع التيارات الهابطة.

5- تتكون طبقة التروبوسفير من N_2 (78%), O_2 (21%). ونقص كثافة الجزيئات مع الصعود إلى أعلى من سطح الأرض لا يعطينا الأكسجين الكافي لاستمرار الحياة. والجدير بالذكر أن كثافة هذه الطبقة تسمح بترجيع الصوت، وتعنى كلمة تروبوسفير باليونانية نطاق الرجع.

ستراتوسفير Stratosphere

يبدأ فوق التروبوسفير مباشرة ويمتد حتى 50 كيلومتراً إلى أعلى بالمقارنة مع التروبوسفير، هذا الجزء من الغلاف الجوي جاف وأقل كثافة. درجة حرارة هذه المنطقة تزداد تدريجياً إلى 3 درجات مئوية، بسبب امتصاص الأشعة فوق البنفسجية. طبقة الأوزون التي تمتص وتشتت الأشعة فوق البنفسجية توجد في هذه الطبقة من الغلاف الجوي. طبقة الأوزون **Ozonosphere** تسمح بمرور ضوء الشمس المرئي والأشعة تحت الحمراء إلى الأرض، وترد عنا ما يصاحب هذا الضوء من أشعة ضارة مثل الأشعة فوق البنفسجية وهي أشعة فيما عدا جزءاً ضئيلاً منها تحتاجه الحياة على الأرض.

ميزوسفير Mesosphere

يبدأ فوق ستراتوسفير مباشرة ويمتد حتى 85 كيلومتراً فوق سطح الأرض. في هذه المنطقة تهبط درجة الحرارة مرة أخرى إلى 95°C – كلما زاد الارتفاع. توجد الكيماويات في حالة إثارة بسبب امتصاصها طاقة الشمس. يفصل الميزوبوز هذه الطبقة عن الثرموسفير.

الثرموسفير Thermosphere

تبدأ هذه المنطقة فوق منطقة الميزوسفير تماماً وتمتد حتى 600 كيلومتراً إلى أعلى. تزداد درجة الحرارة مع الارتفاع بسبب طاقة الشمس، ويمكن أن تصل إلى 1727°C. ويطلق على هذه الطبقة أيضاً الطبقة المتأينة (الأيونوسفير) وهي طبقة مشحونة بالكهرباء ترد عن الأرض الجسيمات الكونية المتسارعة وترد إلى الأرض الموجات الراديوية (الإذاعية والتلفازية وموجات الاتصال اللاسلكي).

النطاق الخارجي للغلاف الجوي للأرض The Exosphere

يبدأ هذا النطاق عند قمة منطقة الثرموسفير والمكونان الأساسيان الموجودان فيه، الهيدروجين والهليوم، يوجدان بكثافة منخفضة جداً. درجة حرارة هذه المنطقة تكون قريبة من درجة الصفر المطلق 273− نظراً لوقوعها عند مشارف الفضاء بين الكواكب. والنطاق الخارجي يرد عن الأرض ويلات الجسيمات الكونية المتسارعة، وتحترق فيه أغلب الأجسام السماوية الصلبة (النيازك) والتي لا يبقى منها إلا الرماد أو بعض الجسيمات الصغيرة التي تصل الأرض وهذه الجسيمات تساعد الإنسان على معرفة تركيب الأجزاء البعيدة من الكون.

5.4 العمليات الجوية Atmospheric Processes

نعلم أن الماء يمثل جزءاً مهما في النظام الأرضي. تغطي المحيطات تقريباً $^{3}/_{4}$ سطح الأرض وتلعب دوراً مهماً في تبادل ونقل الحرارة والرطوبة في الغلاف الجوي. ويأتي معظم بخار الماء في الجو من المحيطات. ومعظم الأمطار والثلوج والبرد الساقطة على الأرض تذهب إلى المحيطات. وحوالي $^{2}/_{3}$ منها يرجع إلى الجو عن طريق دورة الماء. نستنتج من ذلك أن المحيطات والجو يتفاعلان بشدة. لا تعمل المحيطات كمصدر لرطوبة الجو فقط لكن أيضاً كمصدر للحرارة. تبادل الحرارة والرطوبة ينتج تأثيرات كبيرة على العمليات الجوية بالقرب وفوق المحيطات.

عملياً كل الطاقة التي تصل إلى الأرض تأتي من الشمس. وتصطدم أولاً مع الغلاف الجوي، جزء صغير يمتص مباشرة، وخصوصاً بواسطة بعض الغازات مثل الأوزون وبخار الماء. بعض الطاقة ينعكس خلفاً إلى الفضاء بواسطة السحب وسطح الأرض. وتنتقل الطاقة بين سطح الأرض والغلاف الجوي عن طريق التوصيل أو الحمل أو الإشعاع. والتوصيل هو العملية التي تنتقل بها الطاقة الحرارية من خلال التلامس مع الجزيئات المجاورة. الماء والهواء رديئة التوصيل نسبياً للطاقة الحرارية. ونظراً لأن الهواء رديء التوصيل فإن معظم انتقال الطاقة

بالتوصيل يحدث عند سطح الأرض. والأرض تكـون بـاردة في الليـل، وهـذه الأرض الباردة توصل الحرارة بعيداً عن الهواء المجاور. أثناء النهار تسـخن الأشـعة الشمسـية الأرض التي تسخن الهواء التالي لها بالتوصيل. الحمل يرسل الحـرارة بنقـل مجموعـات من الجزيئات من مكان لآخر داخل المـادة. ويحـدث الحمـل في الموائـع مثـل المـاء والهواء التي تتحـرك بحريـة. وتنتقـل الطاقـة الإشـعاعية مـن الشـمس إلى الأرض بواسطة الموجـات الكهرومغناطيسـية، كلمـا قـل الطـول المـوجى للأشـعة زادت طاقتها. إذا نظرنا إلى مكونات الغلاف الجوي في الوقت الحاضـر وقارناهـا بمكونـات جو كوكبي الزهرة والمريخ، أقـرب كـوكبين مـن المجموعـة الشمسـية إلى الأرض، كما هو موضح في الجدول (7) نجـد أن النيتـروجين والأكسـجين يكونـان حـوالي 98% من مكونات جو الأرض في حين أن النيتروجين يوجـد بكميـات ضـئيلة جـداً في كل من الزهرة والمريخ ولا يوجد أكسجين في كـل منـهما. عـلاوة علـى ذلـك يوجد بخار الماء بكميات كبيرة في جـو الأرض. لا يوجـد الأوزون في أي جـو بـنفس الكميات التي يوجد بها في جو الأرض. وعلى الجانـب الآخـر النسـبة المئويـة لثـاني أكسيد الكربون تقل بمقدار كبير عن كمية هذا الغاز في جو الزهرة والمريخ.

مكونات جو الأرض قد تغيرت بشكل واضـح أثنـاء تـاريخ الأرض. وهـذه التغيرات قد نتجت عن تغير المعدل الذي قد انطلقـت بـه الغـازات إلى الجـو مـن داخل جوف الأرض والمعدل الذي قد أزيلت به الغـازات مـن جـو الأرض بواسـطة التفاعلات الكيميائية مع الصخور والمحيطات. التطـور البيولـوجي لعـب أيضـاً دوراً مهماً في انطلاق أو إزالة الغازات المختلفة من جو الأرض.

جدول (7) النسبة المئوية للغازات في الزمن الحالي

الغاز الجوي	الزهرة	الأرض	المريخ
نيتروجين N_2	3.5%	78%	2.7%
أكسجين O_2	~0%	21%	~0%
أرجون Ar	0.001%	0.9%	1.6%
ثاني أكسيد الكربون CO_2	96%	0.0003%	95%
بخار الماء H_2O	<<1%	1- 4%	<<1%
أوزون O_3	0%	0.00005%	0%

6.4 تلوث الهواء الطبيعي Natural Air Pollution

يوجد العديد من المواد في الهواء تتلف صحة النباتات والحيوانات (بما في ذلك الإنسان) أو تخفض الرؤية، وتنشأ هذه من العمليات الطبيعية والنشاط البشرى. المواد التي لا توجد طبيعياً في الهواء أو توجد بتركيزات عالية أو في مواقع مختلفة عن المعتاد تعنى "الملوثات".

ويمكن تقسيم الملوثات إلى أولية أو ثانوية. الملوثات الأولية هي مواد تنتج مباشرة من العمليات مثل رماد الثورات البركانية أو غاز أول أكسيد الكربون من عادم احتراق موتورات السيارات. الملوثات الثانوية لا تنبعث لكن تتكون في الهواء عند التفاعل أو تبادل التفاعل بين الملوثات الأولية. وأهم مثال على الملوثات الثانوية هو الأوزون، وهو أحد الملوثات الثانوية الكبيرة التي يتكون منها الدخان الفوتوكيميائى.

نلاحظ أن بعض الملوثات يمكن أن تكون أولية وثانوية: أي أن، كليهما ينبعث مباشرة ويتكون من ملوثات أولية أخرى. وتشمل الملوثات الأولية من صنع الإنسان ما يلي:

- أكاسيد الكبريت، والنيتروجين والكربون.
- المركبات العضوية، مثل الهيدروكربونات (الوقود والبخار والمذيبات).
- دقائق المواد مثل الضباب الدخاني والأتربة.
- أكاسيد الفلزات، وعلى الأخص الرصاص، النحاس والحديد.
- المواد السامة.

الملوثات الثانوية تشمل بعض الجسيمات المتكونة من الملوثات الأولية الغازية والمركبات في السحب الدخانية الفوتوكيميائية، مثل ثاني أكسيد النيتروجين، الأوزون ونترات الأسيتيل بروكسي (PAN).

ثاني أكسيد الكبريت

ينتج ثاني أكسيد الكبريت المتواجد في الجو إما من مصادر طبيعية أو من صنع الإنسان، العمليات الطبيعية التي ينطلق منها الكبريت تشمل تحلل واحتراق المواد العضوية، رزاز البحر وثورات البراكين. المصادر الرئيسية من صنع الإنسان التي تنتج ثاني أكسيد الكبريت هي انصهار خامات المعادن المحتوية على الكبريت واحتراق الوقود الحفري.

يذوب ثاني أكسيد الكبريت في الماء مكونا حامض الكبريتيك، وهو مادة تعمل على تآكل السطوح وتتلف المواد وأنسجة الحيوانات والنباتات. ثاني أكسيد الكبريت يسبب ضيق التنفس.

دقائق المادة Particulate Matter

الملوثات ليست غازات فقط بل أيضاً مواد صلبة وسائلة عالقة في الهواء، وتعرف بدقائق المادة، قطر هذه الدقائق يكون في مدى 50 ميكرومتراً، (يوجد حوالي 1000000µm في المتر) وقد تخفض الرؤية ولها تأثير ضار بالصحة. أمثلة الجسيمات في الهواء تشمل الغبار، سحابة الدخان، لقاحات النباتات، البكتيريا والأملاح. دقائق المادة قد تكون ملوثات أولية مثل جسيمات الدخان أو ملوثات ثانوية تنتج من التفاعلات الكيميائية من الملوثات الغازية.

النشاطات البشرية المنتجة لدقائق المادة في الهواء تشمل:

المناجم – حرق الوقود الحفرية – النقل – استخدام أفران حرق القمامة – استخدام الوقود الصلب في الطبخ والتدفئة.

يمكن تقسيم دقائق المادة وفقاً لحجم الجسيمات، الجسيمات الكبيرة الحجم تترسب من الهواء بسرعة بينما تظل الجسيمات الأصغر حجماً معلقة في الهواء لعدة أيام أو شهور، وهطول الأمطار آلية فعالة جداً في إزالة الجسيمات من الهواء. يحدد حجم الجسيم أيضا مدى تأثيره على صحة الإنسان. الجسيمات الكبيرة يصطادها عادة الأنف والزور، أما الجسيمات الأصغر قد تصل الرئتين وتسبب التهيج فيها.

أكاسيد النيتروجين Oxides of Nitrogen

أكاسيد النيتروجين الرئيسية الموجودة في الجو هي:

أكسيد النيتريك NO، وثاني أكسيد النيتروجين NO_2 وأكسيد النيتروز N_2O. يوجد أكسيد النيتروز بكميات أقل بكثير عن الأكسيدين الآخرين، لكنه ذا أهمية كبيرة لأنه أحد غازات البيوت الخضراء (الصوبة) الفعالة، وهكذا يساهم في التدفئة العالمية.

أكثر الأنشطة البشرية التي تولد أكاسيد النيتروجين هي احتراق الوقود وخصوصا في محركات المركبات. تتكون أكاسيد النيتروجين عندما يحترق الوقود عند درجات حرارة عالية، هذا يكون غالباً في صورة أكاسيد النيتريك مع نسبة صغيرة تكون عادة أقل من 10% من ثاني أكسيد النيتروجين. وبمجرد الانبعاث يتحد أكسيد النيتريك والأكسجين مكونان ثاني أكسيد النيتروجين وخصوصاً في الظروف الشمسية الدافئة. وقد تظل أكاسيد النيتروجين هذه في الجو لعدة أيام وأثناء هذه المدة يمكن أن تولد العمليات الكيميائية حمض النيتريك ونترات Nitrates ونيتريت Nitrites على هيئة جسيمات. وتلعب أكاسيد النيتروجين دوراً فاعلاً في التفاعلات الكيميائية التي تولد سحابة الدخان الفوتوكيميائية.

ثاني أكسيد النيتروجين أيضاً مهيج للجهاز التنفسي ويؤدي إلى وجود أمراض الجهاز التنفسي.

أحادي أكسيد الكربون Carbon Monoxide

أحادي أكسيد الكربون هو غاز عديم اللون و الرائحة و ينتج من التأكسد (الاحتراق) غير المكتمل كما في الحرائق المستعرة، ينتج أحادي أكسيد الكربون طبيعياً من التأكسد في المحيطات وهواء الميثان الناتج من التحلل العضوي. في المدن تمثل محركات المركبات(السيارات) أضخم مصدر بشرى.

فى العادة يظل أحادي أكسيد الكربون في الجو لفترة شهر أو شهرين ويزول بالتأكسد ليكون ثاني أكسيد الكربون ويزول كذلك بالامتصاص ببعض النباتات والكائنات الدقيقة والمطر.

عندما يستنشق يرتبط أول أكسيد الكربون بالمواقع الحاملة للأكسجين على هيموجلوبين الدم وذلك يقلل انتقال الأكسجين في الجسم. عند التركيزات العالية يكون ساما جداً ويسبب الصداع والدوار ونقص القدرة على التفكير والغثيان.

الأوزون Ozone

الأوزون القريب من الأرض هو ملوث غازي ثانوي لا لون له يتكون من تفاعلات كيميائية بين الغازات العضوية النشطة وأكاسيد النيتروجين في وجود ضوء الشمس. الأوزون هو أحد الملوثات الثانوية المهيجة في سحب الدخان الفوتوكيميائى ويستخدم عادة لقياسها. ويطلق على هذا الأوزون الأوزون الرديء.

الأوزون مؤكسد قوى له القدرة على هيج العيون والجهاز التنفسي ويتلف أيضا النباتات.

الأوزون في المستويات العليا من الجو، ستراتوسفير، ينشأ عن عملية مختلفة. الأوزون هناك لا يعتبر من الملوثات لأنه ينتج طبيعياً. وهو مهم لامتصاصه الأشعة فوق البنفسجية الضارة ويمنعها من الوصول إلى الأرض، ويطلق على هذا الأوزون الأوزون الجيد.

الرصاص Lead

المصدر الأعظم للرصاص هو الوقود المحتوى على الرصاص المستخدم في محركات السيارات. إدخال الوقود الخالي من الرصاص سنة 1985م نتج عنه انخفاضاً هائلاً في تركيز الرصاص في الهواء.

الرصاص معدن ثقيل عندما يوجد في الجسم يحدث خللا في وظائف المخ وخصوصاً في الأطفال.

سمية الهواء Air Toxic

خلال العشر سنوات الماضية قد أصبح من المعروف أن العديد من المواد السامة الفعالة توجد بكميات ذات قيمة في الهواء المحيط. التقنيات الحديثة مكنت من قياسها عند تركيزات صغيرة أكثر مما كان يتم من قبل. هذه الملوثات إجمالاً يطلق عليها سميات الهواء.

سميات الهواء يمكن أن تدخل الجو من مصادر متنوعة فهي توجد في عادم محركات السيارات، أبخرة الوقود من محطات الخدمات، من الدخان والعادم من حرق الخشب، ومن الأحماض المستخدمة لتجفيف الملابس ورشاشات الطلاء. سميات الهواء تنبعث أيضاً من مصادر أخرى مثل تقطير الزيوت، طلاء المعادن ومن أفران حرق القمامة.

سميات الهواء تستنشق وتبتلع مع الطعام لكنها أيضاً تلوث الماء والتربة. بعض سميات الهواء تتركز طبيعياً بالحيوانات مما يؤدي إلى مستويات عالية منها بالقرب من قمة سلسلة الطعام.

طبيعة سمية الهواء تحدد أي نوع من التأثيرات التي تسببها، بعضها يسبب التهيجات وخصوصا في العين والأنف والزور والرئتين، بعضها معروف أنه يسبب السرطان والبعض الآخر قد يؤدي إلى إثارة الجهاز العصبي.

سمية الهواء المحتوى على كلور لها اعتبار خاص، الكثير منها يسبب السرطان وتتجمع داخل الجسم والأمثلة الخاصة هي دايوكسين **Dioxin**والفوران **Feuran** وأخرى تميل إلى التجمع داخل سلسلة الطعام.

جدول (8) يبين الجدول التالي معايير التلوث

نوع الملوث	الوصف والمعيار	المصدر	التأثيرات الصحية
الجسيمات ذات القطر أقل من 10 ميكرون (PM10)	الجسيمات ذات القطر أقل من 10 ميكرون لمعيار على مدى 24 ساعة. 150 ميكروجرام لكل متر مكعب من الهواء، مأخوذة على مدى 24 ساعة. المعيار السنوي 50 ميكروجرام لكل متر مكعب من الهواء.	الأتربة المثارة من الطرق المعبدة وغير المعبدة والأتربة المحمولة بالرياح	عند استنشاقها تصل المساحيق الرقيقة على الرئتين تتلف أنسجة الرئة الرقيقة، وتكون ضارة جداً للذين يعانون من أمراض القلب والرئة، وأيضاً الحوامل، الأطفال الصغار، والمسنين
الجسيمات الدقيقة ذات القطر أقل من 2.5 ميكرون (PM2.5)	الجسيمات ذات القطر أقل من 2.5 ميكرون لمعيار/ 24 ساعة. 65 ميكروجرام لكل متر مكعب من الهواء، المتوسط على مدى 24ساعة. المعيار السنوي 15 ميكروجرام كل 1 متر مكعب من الهواء.	آلات احتراق المركبات، احتراق الخشب، الاحتراق المكشوف،العمليات الصناعية.	كما في البند السابق
أول أكسيد الكربون (CO)	غاز عديم الطعم و الرائحة واللون وينبعث من أي صورة للاحتراق، المعيار 9 أجزاء من المليون، على مدى 8 ساعات.	السيارات، أجهزة حرق الخشب، الاحتراق المكشوف، مصادر الاحتراق الصناعية.	يجرد الجسم من الأكسجين بتخفيض قدرة الجسم على حمل الأكسجين. مسبباً صداع، الدوار، الغثيان، الجرعات العالية قد تسبب الموت.
الأوزون (O3)	يتكون عندما يتفاعل أكاسيد النيتروجين والمركبات العضوية الطيارة في وجود ضوء الشمس. أحد مكونات سحابة الدخان، المعيار 0.08 جزء من المليون، على مدى 8ساعات.	مصادر متحركة، الصناعة، تخزين ونقل الجازولين، الدهانات، المذيبات.	تهيج العيون، الأنف، الزور والجهاز التنفسي، وعلى وجه الخصوص الذين يعانون من أزمات القلب وأمراض الرئة، الأطفال، المسنين والحوامل.

تابع جدول (8) يبين الجدول التالي معايير التلوث

نوع الملوث	الوصف والمعيار	المصدر	التأثيرات الصحية
ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)	غاز سام ينتج عن الاحتراق عند درجات حرارة عالية، المعيار 0.053 جزء من المليون، المتوسط السنوي.	الوقود الحفري مولدات الطاقة، مصادر متحركة، عمليات الاحتراق الصناعية.	تزداد الأعراض عند مرضى الصدر، يهيج الجهاز التنفسي.
ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)	غاز ينتج من احتراق الوقود الذي يحتوي على الكبريت المعيار 14. جزء في المليون، معدل 24 ساعة.	وقود الحفريات من النباتات، إنتاج لب الخشب، إنتاج الألمونيوم الأولى.	زيادة الأعراض لمرضى الصدر، يهيج الجهاز التنفسي.
الرصاص (Pb)	قل كثيراً في المدن بعد استخدام الجازولين الخالي من الرصاص، بين 1976 & 1995، المستوى المحيط بالرصاص انخفض 97%.	البطاريات	يؤثر على وظائف الحركات ويتلف الجهاز العصبي المركزي، الكلى والمخ، الأطفال تتأثر أكثر من البالغين.

7.4 الإشعاع المحيط بنا Radiation All Around Us

يتعرض الإنسان منذ بداية الحياة على الأرض للأشعة من المصادر الطبيعية. وهذه المصادر تشمل: الأرض التي نمشي عليها، الهواء الذي نتنفسه، الغذاء الذي نأكله والنظام الشمسي ككل. كل شيء في عالمنا يحتوي على كميات صغيرة من الذرات المشعة مثل البوتاسيوم 40، الراديوم 226 والرادون 222 وهذه إما أنها قد تركت منذ نشأة العالم أو نتجت من التفاعلات مع الأشعة الكونية (مثل كربون 14 والتريتيم). تتعرض الأرض باستمرار لفيض من الأشعة الكونية من الفضاء الخارجي. هذه المصادر الطبيعية للأشعة تكون تقريباً 82% من متوسط الجرعة السنوية.

1-7.4 جرعة الإشعاع ومقياس الجرعة

Radiation Dosage Dosimetry

تنتج التأثيرات البيولوجية للأشعة من امتصاص الطاقة الإشعاعية. وينتج عن امتصاص الطاقة حرارة وإثارة إلكترونية و/أو تأين. الراديو، T.V، الميكروويف... الضوء المرئي – الضوء فوق البنفسجي – أشعة X ، أشعة γ كلها أشعة كهرومغناطيسية وتختلف فقط في الطول الموجي. والأشعة الكهرومغناطيسية لها فوائدها ولها أضرارها.(لها تأثيرات مفيدة وأخرى ضارة)، فمثلاً ضوء UV الممتص بالجلد، يمكن أن يمده بفيتامين D الذي نحتاج إليه، لكن أشعة UV الزائدة تسبب السرطان. أشعة X وأشعة γ تنفذ أكثر لذا يمكن أن تؤثر على الأنسجة تحت الجلد.

بالإضافة إلى الأشعة الكهرومغناطيسية توجد جسيمات مشحونة (ومتعادلة) سريعة جدا. من المواد ذات النشاط الإشعاعي الطبيعي، الجسيمات المشحونة إما أن تكون إلكترونات سريعة جداً (أشعة β) أو جسيمات ألفا α (نوى ذرات الهليوم). كلا النوعين يمكن إيقافهما بسهولة بسمك صغير من المادة، على سبيل المثال 1.8mm من الألومنيوم (تقريباً) يوقف 1.17 MeV من أشعة بيتا من RaE. وسمك قدره 0.06mm من الألمنيوم يوقف 5.3 MeV من جسيمات α من Po. وهكذا فإن النشاط الإشعاعي الطبيعي يكون عادة أقل أهمية إلا إذا كانت النواة الأم قد استنشقت أو ابتلعت في الجسم. التأثيرات البيولوجية للجسيمات المتعادلة (مثل النيوترونات والنيوترينونات Neutrons and neutrinos من المواد ذات النشاط الإشعاعي الطبيعي تكون عادة مهملة.

وحدات النشاط الإشعاعي Radioactivity Units

واحد بيكريل = واحد تفتت/ثانية = تقريباً 27 Pci (بيكوكورى Pci)

جرعة الإشعاع Radiocativity Units

هي الطاقة الإشعاعية الممتصة لكل وحدة كتلة.

وحدات الجرعة Dose Units

0.01 جول من الأشعة الممتصة لكل كيلوجرام من الكتلة = واحد راد (1 Rad).

1 جول من الأشعة الممتصة لكل كيلوجرام من الكتلة = واحد جراي 1 Gray واختصارها GY.

مكافئ الجرعة Dose Equivalent

يشمل مكافئ الجرعة التأثيرات البيولوجية النسبية طويلة المدى لمختلف أنواع الأشعة. الوحدة الأصلية كانت rem (Rad Equivalent Man)، لكن الآن الوحدة بالنظام S.I المتفق عليها هي السيفرت Sievert واختصارها Sv. حيث:

واحد 1Sv = 100rem = 100^5mrem

واحد 1mSv = 100mrem

القوانين الفيدرالية للجرعات المسموحة هي:

1- للعاملين: أقل من 50mSv لكل عام لجرعة الجسم الكامل.

2- بالنسبة للسكان: أقل من 5mSv لكل عام لجرعة الجسم الكامل.

2-7.4 مصادر الإشعاع Radiation Sources

بجانب الأشعة فوق البنفسجية UV من الشمس، تساهم البيئة الطبيعية بجرعة لا يمكن اجتنابها تكافئ تقريباً 1.3mSv لكل سنة زائد جرعة متغيرة من الرادون المستنشق التي تكون في الغالب أكبر عدة مرات. أي أن معدل الخلفية

الطبيعية Bakground لجرعة الإشعاع تكـون 3mSv تقريبـاً لكـل سـنة. حـوالي 0.25mSv لكل سنة من هذه الجرعـة تـأتي مـن النشـاط الإشـعاعي الـداخلي في الجسم والباقي يأتي من النشاطات الإشـعاعية الطبيعيـة الخارجيـة في الأرض (أساسـاً من سلاسل التحلل لليورانيوم والثور يوم)، مـن الأشـعة الكونيـة. مسـاهمة الأشـعة الكونية تزداد مع الارتفاع وهى حـوالي30mSv لكـل سـنة عنـد ارتفـاع 40000 قدم (ارتفاع الطيارات النفاثة). بيوت الطوب والحجارة تمتلـك غالبـاً خلفيـة أكـبر. الحياة في دنفر (ارتفاع 3200 قدم) تساهم بإضـافة حـوالي mSv 0.7 لكـل سـنة. في منطقة Kerala في الهنـد وفى منطقـة Espirto Santo في البرازيـل، المصـادر الطبيعية تعطى حوالي 30mSv في السـنة دون أي اخـتلاف واضـح يحـدث لأهـالي هذه المدن لذلك وجدت التنظيمات الفدرالية أن هذه الجرعـة آمنـة ومسـموح بهـا. معدلات التعرض للأشعة من صـنع الإنسـان تسـاوى تقريبـاً 0.7mSv في السـنة وتأتى من أشعة X المستخدمة في الطـب وطـب الأسـنان. التعـرض مـرة واحـدة لأشعة X في علاج الأسنان يتضمن 7mSv للجلد. التعـرض لمحطـات توليـد الطاقـة النووية تكون تقريباً صفراً.

3-7.4 مشكلة الرادون Radon Problem

الرادون (غاز خامل) يأتي من تحلل اليورانيوم U، الثـور يـوم Th الموجـودين طبيعياً في الأرض، ينتشر باستمرار في الجـو ويسـبب تقريبـاً 10000 حالـة سـرطان رئة في السنة بالولايات المتحـدة U.S. يعطـي محتـوى الـرادون في الهـواء خـارج البيوت على ارتفاع واحد متر فوق الأرض عادة مـن 4 إلى 15 بيكريـل لكـل متـر مكعب. يأتي التأثير الصحي أساسـاً مـن استنشـاق (222 Rn مـن U نظـراً لأن عمر النصف لهذا الـنظير (يـوم $T_{1/2}$= 3.82) بينمـا عمـر النصـف لـنظير رادون الثوريوم (ثانيـة 50 = $T_{1/2}$) فقـط. تركيـز الـرادون في الهـواء داخـل المنـازل تقريباً 50بيكريل لكل متر مكعب، ربما يتغير بمعامل 1000 من موقـع لآخـر اعتمـاداً على محتوى اليورانيوم والخصائص الفيزيائية للتربـة وكميـة الرطوبـة ونظـام المبـاني والرياح ... إلخ.

البيانات في جدول (9) أقرها المعهد الدولي للقياس والوقاية من الإشعاع NCRP93 وهذه الأعداد هي متوسطات تم الحصول عليها بحساب الجرعة الكلية والقسمة على عدد الناس في US.

جدول (9) يبين الجرعة المكافئة المؤثرة السنوية

المصدر	الجرعة mrem/yr	الجرعة msv/yr	النسبة المئوية للكل
طبيعي			
الرادون	200	2.0	55%
الأشعة الكونية	27	0.27	8%
أرضي	28	0.28	8%
داخلي	39	0.39	11%
الطبيعي الكلي	300	3	82%
الصناعي			
أشعة X الطبية	39	0.39	11%
الطب النووي	14	0.14	4%
المنتجات الاستهلاكية	10	0.1	3%
أشياء أخرى			
مهني	0.9	أقل من 0.01	أقل من 0.3
دورة الوقود النووي	أقل من 1	أقل من 0.01	أقل من 0.03
الغبار الساقط	أقل من 1	أقل من 0.01	أقل من 0.03
متنوع	أقل من 1	أقل من 0.01	أقل من 0.03
المجموع الصناعي	63	0.63	18%
المجموع الصناعي والطبيعي	360	3.6	100%

4-7.4 الإشعاع في البيت Radiation in the Home

توجد مصادر إشعاع صغيرة في البيت، منها على سبيل المثال التليفزيون (التلفاز). ما هي مخاطر الإشعاع الناتجة عن مشاهدة التليفزيون؟ لا يوجد خطر من الإشعاع نتيجة مشاهدة التليفزيون، لأن الجرعة التي يتعرض لها الشخص المشاهد

للتليفزيون في السنة تكون غالباً أقل من 1mrem وهذه القيمة تمثل 1/10 من جرعة أشعة X للمصدر أو تساوى نفس القيمة التي يحصل عليها الفرد في اليوم من الأشعة الطبيعية. يعمل التليفزيون بتعجيل الإلكترونات باستخدام مصادر عالية الجهد، وتوجيهها إلى الشاشة. تصنع الشاشة من الفوسفور الذي يبعث ضوءاً عند اصطدام الإلكترونات به، وأشعة X هي أحد نتائج هذا التفاعل. الدراسات التي تمت على قياس مستويات الإشعاع من التليفزيون الملون قبل سنة 1970م سجلت أشعة X. في هذه الدراسة 6% منها فقط كانت أعلى من المستوى العياري المسموح به وهو 0.5 rem لكل سنة. التليفزيونات المستخدمة في الوقت الحاضر تستخدم شاشات حديثة وجهد منخفض لذلك فإن كمية الأشعة (أشعة X) لم تسجل مستوى أعلى من الخلفية الإشعاعية إلا إذا استخدمت أجهزة كشف أكثر حساسية لأشعة X.

تبعث شاشة الكمبيوتر (الحاسب) أشعة كهرومغناطيسية على مدى واسع من الترددات، على الرغم أن شدة مجال الأشعة الكهرومغناطيسية لها قيمة يمكن قياسها وأخذها في الحسبان لكنها ليست أعلى من مستوى الخلفية، وقد أجريت دراسات عديدة عن التأثيرات الصحية التي يمكن أن تنجم عن استخدام جهاز الكمبيوتر لمدة سنوات طويلة ومازالت البحوث جارية، ولم توجد حتى الآن بيانات توضح وجود أي مخاطر صحية من التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية المرتبطة باستخدام هذا الجهاز.

5-7.4 الإشعاع في مكان العمل Radiation in the Work Place

الأفراد الحرفيون يواجهون إشعاعاً أعلى من الخلفية الاعتيادية كجزء من طبيعة عملهم. وهؤلاء العاملون هم: الأطباء، هيئة التمريض، الذين يعملون على أجهزة التصوير الإشعاعي، الباحثون، الملاحون في الفضاء والجو، الصيادلة، وأطقم البحارة. والجرعة التي يتعرضون لها يمكن أن تكون أعلى بعدد من الريم عن الجرعة السنوية المسموح بها.

6-7.4 الاستخدامات الطبية للأشعة Medical Uses of Radiation

تنقسم هذه الاستخدامات إلى علاجية وتشخيصية. في مجال العلاج يستخدم الإشعاع في إزالة الأورام السرطانية. أما التشخيص يكون باستخدام الأشعة السينية أو الحقن بمواد مشعة ثم التصوير. الجرعات اللازمة للتشخيص تكون في حدود عدة مئات من مللي ريم أما في حالة العلاج الموضعي تكون عدة مئات من ريم. والأطباء المعالجون بالإشعاع يحسبون جيدا مخاطر التشعيع مقابل الاستفادة منه. وفيما يلي:

7-7.4 بعض مصادر الإشعاع الطبيعي:

1- الرادون

كل فرد قد سمع عن الرادون. الرادون يأتي من تحلل اليورانيوم (عنصر طبيعي). واليورانيوم يتحلل خلال سلسلة من النيوكليدات المشعة التي تشمل الرادون. الرادون هو غاز **Nobel Gas** غير نشط كيميائياً ينتشر خلال المواد المسامية مثل الأرض وأساس المنازل.

يوجد هناك عدد من النيوكليدات المشعة الموجودة طبيعياً مثل كربون 14 (^{14}C)، بوتاسيوم 40 (^{40}K) وهذه المواد تتكون من تفاعلات الأشعة الكونية وأخيرا تأخذ طريقها في سلسلة غذائنا. وبمجرد هضمها، يمكن أن تتحلل وتعطينا جرعة داخلية. جميع المواد العضوية الحية لديها نسبة ثابتة من كربون 14 إلى كربون 12 غير المشع. بمجرد الموت، المادة العضوية تتوقف عن أخذ الكربون، وعلى ذلك بقياس هذه النسبة من كربون 14 : كربون 12 الموجودة في المواد والأتربة العضوية يمكن تحديد وقت الموت وهذا ما يعرف باسم التأريخ بالكربون.

2- الأشعة الكونية

تأتى هذه الأشعة من خلال الغلاف الجوي، بعضها من الشمس ومن مصادر الطاقة في مجرتنا أو خارجها. الجزء الذي يأتي من الشمس يكون أكثر كثافة أثناء التوهج الشمسي ولكن الأجزاء الصادرة من المصادر الأخرى تعتبر إلى حد كبير ثابتة في أعدادها، علماً بأن الكثافة تتأثر بالمجال المغناطيسي للأرض الذي يجعل الكثافة أكبر قريباً من الأقطاب عنها عند خط الاستواء. لذلك تزيد الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها الناس مع الارتفاع، إضافة إلى ذلك، يكون الغلاف الجوي درعاً واقياً جزئياً للإشعاع، فكلما ارتفع الإنسان أكثر يكون تأثير التدريع أقل وتزداد الجرعة كلما زاد الارتفاع. الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها الإنسان على مستوى سطح البحر حوالي 4.5 مللي ريم (450 ميكروسيفرت كل عام)، وتزداد هذه الجرعة مع الارتفاع عن سطح البحر وتبلغ شدها عند قمة الغلاف الجوي للأرض 50 ألف مرة من شدها عند سطح البحر.

بالإضافة إلى التأثير المباشر للأشعة الكونية على الكائنات الحية فإنها تؤدى إلى إنتاج بعض المواد المشعة في الغلاف الجوي نتيجة تفاعلها مع مكونات هذا الغلاف. فمثلاً يتكون الكربون 14 المشع في الجو نتيجة تفاعل الأشعة الكونية مع النيتروجين 14 طبقاً للتفاعل

$$^{14}N + n \longrightarrow {}^{14}C + P$$

وينتشر الكربون 14 في الغلاف الجوي حتى يصل إلى سطح الأرض فيدخل في تركيب جميع الكائنات الحية الموجودة على الأرض بنسبة ثابتة. كذلك تتكون بعض النظائر الأخرى كالكالسيوم 41 (عمره النصفي 11×10^5 سنة والكلور 36 عمره النصفي 3.08×10^5 سنة) وغيرها.

3- المصادر الأرضية

تحتوي صخور وتربة الأرض على مواد ذات نشاط إشعاعي طبيعي فعلى

سبيل المثال، ينتشر اليورانيوم خلال الصخور والتربة في تركيزات منخفضة في الغالب، كذلك الثوريوم والبوتاسيوم 40، وكلها تقريباً تطلق أشعة جاما ويختلف تركيز هذه العناصر في التربة باختلاف نوعها حيث يزداد تركيزها في الصخور الجرانيتية في حين يقل في التربة الرملية. وتتكون الإشعاعات الصادرة من التربة أساساً من إشعاعات جاما نظراً لامتصاص جسيمات ألفا وبيتا داخل القشرة الخارجية للتربة. كذلك تحتوي التربة على نسبة ضئيلة من كالسيوم 48 المشع الذي يزيد عمره النصفي على 7×10^{8} سنة.

4- الغذاء والشراب

نظراً لأن المواد المشعة توجد في كل مكان في الطبيعة فمن المحتم أنها تتواجد في الغذاء وفى ماء الشرب معطية جرعة متوسطة كلية 0.23 مللي سيفرت في السنة. يعتبر البوتاسيوم 40، على وجه الخصوص، مصدراً رئيسياً للإشعاع الداخلي، بالإضافة إلى وجود مصادر أخرى. ويتغير تركيز نظير البوتاسيوم 40 في الجسم طبقاً لكمية العضلات، على سبيل المثال، فهو أكثر مرتين في الرجال الأصغر سناً منه في السيدات الأكبر سناً.

بعض الأغذية، مثل الأسماك الصدفية والمكسرات وأيضاً الخضراوات مثل البقدونس والبطاطس والخس، يتركز فيها مواد مشعة تصل إلى درجة أنه حتى إذا لم يتعرض الشخص لنشاط إشعاعي من صنع الإنسان فإن استهلاكه لكميات كبيرة من هذه الأغذية يعرضه لجرعات إشعاعية أكبر كثيراً من الجرعة المتوسطة.

5- المواد المشعة الموجودة داخل جسم الإنسان

يحتوي الجسم على كميات صغيرة جداً من النظائر المشعة مثل كربون 14وبوتاسيوم 40. ينشأ كربون 14 في الجو، وينتج جرعة قدرها 10 ميكروسيفرت/سنة (1 مللي ريم /سنة) في الأنسجة الطرية. أما البوتاسيوم 40

فيوجد طبيعياً (عمر نصفه 1.27×10^9 سنة)، ويساهم بحوالي 0.2 مللي سيفرت على الغدة التناسلية (المنسلين).

تأتي المساهمة المهمة للإشعاع (مواد مشعة) داخل الجسم من منتجات الاضمحلال الغازية للنشاط الإشعاعي لسلاسل كل من اليورانيوم والثوريوم، وهي عناصر الرادون والثورون. وهذه الغازات تتواجد في الصخور والأتربة ثم تتركز بسهولة بمقدار يمكن التحسس به في الجو، ثم تستنشق من قبل الإنسان مع منتجات اضمحلالها. وكذلك تؤخذ من قبل النباتات والحيوانات مما يجعل معظم المواد الغذائية حاوية كميات محسوسة من الإشعاع الطبيعي.

وهكذا يتعرض الإنسان لجرعة طبيعية من الإشعاع ناتجة عن البيئة التي يعيش فيها. وتختلف هذه الجرعة باختلاف المكان وارتفاعه عن سطح البحر وطبيعة التربة ونوع المسكن وعدة عوامل أخرى كثيرة.

8-7.4 المصادر الطبية للإشعاع

الاستخدامات الطبية للإشعاع تعتبر إلى حد كبير أكبر مصدر للتعرض الإشعاعي من صنع الإنسان بالنسبة للتعرض الإشعاعي للجمهور، فالجرعة المتوسطة الكلية لجسم الإنسان تصل إلى 0.3 مللي سيفرت في السنة. يستخدم الإشعاع في الطب بطريقتين متميزتين:

1- الأشعة التشخيصية Diagnostic Radiology

يتعرض الإنسان لجرعات إشعاعية معينة عند عمل صور تشخيصية بالأشعة السينية أو النووية وتختلف قيمة الجرعة باختلاف العضو ونوع الصورة.

2- الأشعة العلاجية Therapeutic Radiology

تتوقف قيمة الجرعة المكافئة على العضو الذي يتم علاجه والتعرض المطلوب.

3- النظائر المشعة والمعجلات
Radioactive Isotopes and Accelerators

حيث اتسع في السنوات الأخيرة استخدامها في نواحي متعددة كالطب والزراعة والصناعة.

4- النفايات المشعة **Radioactive Waste**

وهى تلك النفايات المتخلفة عن المفاعلات النووية أو المتبقية بعد استخدام المواد المشعة.

5- الغبار الذرى **Radioactive Dust**

وهو ناتج عن التفجيرات النووية حيث ينتشر هذا الغبار إلى مسافات بعيدة ثم يتساقط على جميع دول العالم بنسب مختلفة.

6- التعرض السكاني

الناتج عن بناء المفاعلات النووية والمعجلات.

9-7.4 التأثيرات البيولوجية للإشعاع المؤين
Biological Effects of Ionizing Radiation

1- الآثار المبكرة **Early Effects**

الآثار المبكرة هي تلك التي تحدث خلال فترة تتراوح بين عدة ساعات وعدة أسابيع من وقت التعرض لجرعة كبيرة من الإشعاعات خلال زمن قصير (لمدة ساعات قليلة). وترجع هذه الآثار إلى استنزاف جزء كبير من خلايا بعض أعضاء الجسم بسبب موت هذه الخلايا أو بسبب منع أو تأخر انقسامها. وتعود معظم أمراض الآثار المبكرة إلى تلف خلايا النخاع العظمى أو الخلايا العصبية أو الخلايا المعوية تبعا للجرعة الممتصة وأهم هذه الآثار هي:

المرض الإشعاعي Radiation Sickness

يصاب الشخص الذي يتعرض لجرعة عالية من الإشعاعات المؤينة بالمرض الإشعاعي. وأهم أعراضه شعور الشخص بالقيء والغثيان. تبدأ أعراض هذا المرض في الظهور بعد ساعات قليلة من التعرض للإشعاعات. وقد تقصر مدة ظهور الأعراض أو تطول وذلك حسب قيمة الجرعة الممتصة من الإشعاعات. فإذا كانت الجرعة الممتصة خلال فترة زمنية قصيرة في حدود واحد جراي فإنه يمكن أن تظهر الأعراض خلال ساعات قليلة.

الإريثيما (احمرار الجلد) Erythema

هناك أثر آخر يظهر بمجرد التعرض للجرعات فوق الخطرة. ويعرف هذا الأثر باسم الإريثيما وهو عبارة عن احمرار الجلد. الجلد معرض للإشعاعات أكثر من أي نسيج آخر في الجسم خصوصا بالنسبة للإشعاعات السينية ذوات الطاقة المنخفضة وللإلكترونات (لأن قدرتها على الاختراق صغيرة). لذا فإن التعرض لجرعة مقدارها حوالي 3 جراي من الأشعة السينية ذات الطاقة المنخفضة يؤدي إلى الإريثيما. وعند زيادة الجرعة يمكن أن تظهر أعراض أخرى كالحروق والتقيحات وغيرها.

2- الآثار المتأخرة Late Effects

الإصابة بالسرطان: أصبح الآن معلوماً أن فني الأشعة أو المرضى الذين تم علاجهم أو تشخيص أمراضهم بجرعات إشعاعات عالية نسبيا معرضون للإصابة ببعض أنواع السرطان أكثر من غيرهم ممن لم يتعرض للإشعاعات. ولقد أدت الدراسات الحديثة للمجموعات البشرية التي تعرضت للإشعاعات الناتجة عن القنابل الذرية أو المرضى الذين تم علاجهم بالإشعاعات النووية أو عمال مناجم اليورانيوم إلى تأكيد قدرة الإشعاعات على تكوين السرطان.

الطاقات بالإلكترون فولت (eV)

يستخدم الإلكترون فولت كوحدة طاقة، وعلى وجه الخصوص، في العمليات الذرية والنووية. الإلكترون فولت عبارة عن الطاقة التي يكتسبها إلكترون واحد لتسريعه خلال فرق جهد قدره واحد فولت.

طاقة الجزيء الحرارية في درجة حرارة الغرفة	0.04eV
فوتونات الضوء المرئي	1.5–3.5eV
طاقة تفكك جزيء كلوريد الصوديوم إلى Cl+Na	4.2eV
طاقة تأين ذرة الهيدروجين	13.6eV
الطاقة التقريبية للإلكترون الذي يصدم شاشة التليفزيون الملون	20,000eV
الطاقة العالية للتشخيص الطبي بفوتونات أشعة X	200,000eV
الطاقات المعتادة من التحلل النووي:	
أشعة جاما	0-3MeV
أشعة بيتا	0-3MeV
جسيمات ألفا	2-10MeV
طاقات الأشعة الكونية	1MeV-1000TeV

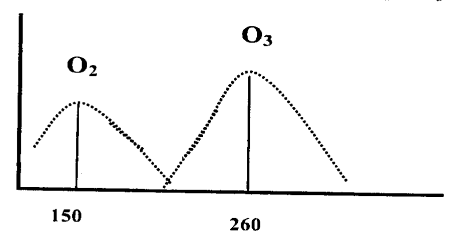
8.4 كيف يمتص الغلاف الجوي الأشعة فوق البنفسجية ؟

How Atmosphere Absorbs UVC

يتكون هواء الغلاف الجوي غير الملوث عند سطح الأرض من 78.1% نيتروجين (N_2)، 20.9% أكسجين (O_2)، 033% ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، 0.9% أرجون Ar، ونسبة قليلة جداً من النيون (Ne)، الهليوم (He)، الكريبتون (Kr)، الزينون (Xe)، الهيدروجين (H_2)، الميثان (CH_4) وأكسيد النيتروز (N_2O). أظهرت عينات الهواء المأخوذة بالبالون أو الصواريخ عند مستويات ترتفع تدريجيا من سطح الغلاف الجوي أن هذه الحصص النسبية للغازات الممكنة في الهواء تظل كما هي، بينما يقل التركيز مع الارتفاع. إذا أخذنا عينات من الهواء على ارتفاعات من 15–35 كيلومتراً من سطح الأرض، سنجد غازاً آخر هو الأوزون (O_3) Ozone. عند خطوط العرض الوسطى يصل تركيز

الأوزون إلى أقصاه عند حوالي 25 كيلومتراً. يقال عن تلك الطبقة من 15-35 كيلومتراً طبقة الأوزون. عندما يقاس طيف ضوء الشمس عند طبقات مختلفة من الجو نكتشف أن الضوء المار من خلال طبقة الأوزون خال من كل أشعة UVC من أقصر طول موجي حتى 286 نانومتر - أقصر طول موجي للأشعة فوق البنفسجية المكتشف على سطح الأرض.

من التجارب المعملية وجد أن الأكسجين يمتص الطول الموجي القصير جدا لأشعة UVC وأقصى امتصاص يحدث عند 150 نانومتر. ويتناقص امتصاصه مع زيادة الطول الموجي. الأوزون من ناحية أخرى يمتص الجزء الباقي من أشعة UVC، ويكون أقصى امتصاص عند 260 نانومتر. عندما يمتص الأكسجين الأشعة من نوع UVC في الارتفاع العالي من الجو فإنه يتحول إلى أوزون، المعادلات التالية تصف كيف أن بعض الأوزون يتحلل عندما يمتص أشعة UVC عند أطوال موجية عالية.



شكل (18) أشرطة امتصاص الأشعة فوق البنفسجية للأكسجين والأوزون الجزيئي.

$$2O \xleftarrow[\text{150nmPeak}]{\text{UV}} O_2$$

$$O_3 \leftarrow O_2 + O$$

$$O + O_2 \xrightarrow[\text{260nmPeak}]{\text{UVC}} O_3$$

ونشير هنا أن O_2 أكسجين جزيئى، O_3 أوزون، O أكسجين ذرى.

يعتبر الأوزون مظلة للأحياء علـى الأرض وف المـاء وعـدم وجـوده يتلـف الكائنات الحية أو يقتلها.

كثير من الأكسجين الذرى الناتج يتحـد مـع الأكسـجين الجزيئـي ليكـون الأوزون كما في المعادلة الثانية السابقة. الطاقـة الضـوئية **Light Quanta** في هـذه التفاعلات تتحرر كحرارة. وكما هـو متوقـع تكـون طبقـة الأوزون أسـخن مـن الطبقة التالية لها مباشرة من أسفل ومن أعلى.

نظراً لأن أشعة **UVC** تصدم السطح الأعلى من الغـلاف الجـوي فـإن مظلـة الأوزون تجعل الحياة محتملة في البر والبحر. بدون هذه الحماية كـل شـيء حـي علـى الأرض سوف يتلف ويهلك. الكمية الكلية لـلأوزون في الغـلاف الجـوي صـغيرة نسبياً. إذا وضعت طبقة الأوزون تحت معـدل الضـغط والحـرارة [واحـد ضـغط جوى ـ **15** باوند لكل بوصة مربعة المكـافئ لسـمك **760** ملليمتـر زئبـق، وعنـد درجة حرارة **0 °C**] سوف يكون سمكهـا (أو الضـغط الجزئـي) مـن **2.4** إلى **4.6** ملليمترا أو المكافئ لحوالي **0.0060** ضغط جـوى. تحـت نفـس الظـروف يكـون سمك الأكسجين في الجو حـوالي **160** ملليمتـراً أو **0.2099** ضـغط جـوى. الأوزون في الغلاف الجوي يـتغير حسـب الفصـول مـن **2.4** إلى **2.6** ملليمتـر عنـد خـط الاستواء ومن **4.3-3.1** ملليمتر عند خط عـرض **70°** شمـالاً. الأوزون يـتغير أيضـاً مع نشاط بقع الشمس الـتي خلالهـا تمطـر الشـمس جسـيمات مشـحونة وتـؤثر العواصف الكهربائية في الغلاف الجوي. وتحدث أيضا تغيرات أصـغر لـلأوزون محليـاً خلال اليوم.

من الواضح أن طبقة الأوزون الواقعة في الغلاف الجـوي تعتمـد علـى وجـود الأكسجين الذي يتكون منه، وتوجد طبقة الأوزون فقط لأن غلافنـا الجـوي يحتـوي على الأكسجين. إذا كان جو الأرض الأولى لا يحتـوي علـى الكميـة المناسـبة مـن الأكسجين من الممكن أنه لن يكون هناك طبقـة أوزون. وبـدون هـذا الغطـاء فـإن أشعة **UVC** بالإضافة إلى الأنواع الأخرى من أشـعة**UV** ستصـل حتمـاً إلى سـطح

الأرض. بدون أوزون منذ حوالي 4.6 بليون سنة مضت كانت الحياة كما تعرف غير ممكنة على الأرض.

UVBr

عندما يتغير تركيز الأوزون تتغير أيضاً شدة الأشعة فوق البنفسجية التي تصل إلى الأرض. نادرا ما نستقبل أشعة شمسية بأطوال موجية أقل من 286 نانومتر، لكن شدة أشعة UVB تزداد كلما قلت مستويات الأوزون وأشعة النوع B تقل على سطح الأرض عندما يبقى الأوزون نفسه. اليوم شدة أشعة UVB منخفضة جداً مقارنة بأشعة UVA. والجدير بالذكر أن أشعة UVB أكثر إتلافاً للحياة عن أشعة UVA. ضعف جرعات أشعة UVA أو أكثر بمقدار (100–1000X) تكون ضرورية لإحداث تلف يكافئ التلف الذي تحدثه أشعة UVB.

التشتت بالإضافة إلى الامتصاص يضعف شدة ضوء الشمس. التشتت يتناسب عكسياً مع الأس الرابع للطول الموجي، ويكون عندئذ أكبر عند الأطوال الموجية القصيرة ومن الواضح أن أشعة UVB تكون عرضة للتشتت الجوي الأعظم، السحب والضباب تشتت الأشعة فوق البنفسجية وتمتص القليل منها، ولكنها تمتص الأشعة تحت الحمراء وهذا يبرد تأثير ضوء الشمس.

الجدير بالذكر أن الباحثين يقسمون منطقة الأشعة فوق البنفسجية من الطيف الكهرومغناطيسي إلى ثلاث مناطق فرعية على أساس التأثير البيولوجي لكل منطقة هي: UVA تمتد من 320-400 نانومتر ومنطقة UVB تمتد من 286-320 نانومتر، وأخيراً منطقة UVC تمتد من 200-286 نانومتر.

9.4 كل شيء عن الأوزون All About Ozone

جزيء الأوزون يحتوي على ثلاث ذرات أكسجين، ولونه أزرق وله رائحة قوية. الأكسجين العادي الذي نتنفسه يتكون من ذرتين وهو عديم اللون والرائحة. الأوزون أقل شيوعاً عن الأكسجين العادي. الأكسجين الخارج من كل

10 مليون جزيء هواء حوالي 2 مليـون أكسـجين عـادى ولكـن الأوزون الخـارج من نفس كمية جزيئات الهواء هو 3 فقط.

على أي حال، حتى هذه الكمية الصـغيرة مـن الأوزون تلعب دوراً مهمـاً في الغلاف الجوي. طبقة الأوزون تمتص جزءاً من أشعة الشـمس وتمنعهـا مـن الوصـول إلى سطح الكوكب، والأهم أنها تمتص الجزء مـن الأشـعة فـوق البنفسـجية الـذي يطلق عليه UVB. وترتبط UVB بالعديـد مـن التـأثيرات الضـارة تشـمل جميـع أنواع سرطان الجلد، المياه البيضاء وتضر بعض المحاصيل ومواد معينـة وبعـض أنـواع الحياة البحرية.

عند أي وقت تتكـون وتـتحطم جزيئـات أوزون طبقـة ستراتوسـفير علـى الدوام. الكمية الكلية تظل متزنة نسبياً، بينما يتغير تركيـز الأوزون طبيعيـاً مـع بقـع الشمس، الفصول وخطوط العـرض. وكـل نقـص طبيعـي في مسـتويات الأوزون يتبعه استرداد. وحديثاً على أي حال، ظهـرت أدلـة علميـة علـى أن درع الأوزون قد يحدث له تفريغ أكثر مما يحدث بالعمليات الطبيعية.

1-9.4 ما هي طبقة الأوزون ولماذا هي مهمة؟

طبقة الأوزون هي تركيـز جزيئـات الأوزون في طبقـة ستراتوسـفير. حـوالي 90% من أوزون الكوكب توجد في هذه الطبقة. طبقة جـو الأرض الـتي تحـيط بنـا يطلق عليها تروبوسفير. الستراتوسفير هي الطبقة الأعلـى الـتي تليهـا وتمتـد حـوالي من 10 إلى 50 كيلومتر فوق سطح الأرض. أوزون الستراتوسفير هـو غـاز موجـود طبيعيا وهو الذي يرشـح أشـعة الشـمس فـوق البنفسـجية، طبقـة الأوزون ذات السمك الأقل تسـمح بأشـعة أكثـر تصـل إلى سـطح الأرض. التعـرض الزائـد لأشعة UV يمكن أن يؤدي إلى سرطان الجلد، المياه البيضاء وأجهـزة مناعـة ضـعيفة. زيادة UV يمكن أن يؤدى أيضاً إلى خفض إنتـاج المحاصـيل، واضـطراب في سلسـلة الطعام البحرية وتأثيرات ضارة أخرى.

1- تفريغ الأوزون Ozone Depletion

تمتلك مادة الكلوروفلوروكاربون (CFC'S) خواص نادرة فهي تتميز بالثبات غير قابلة للاشتعال ومنخفضة السمية علاوة على أن إنتاجها غير مكلف. تستخدم هذه المواد كمبردات ومذيبات بالإضافة إلى بعض الاستخدامات الأخرى الصغيرة. توجد بعض المذيبات الأخرى تحتوي الكلور مثل ميثيل كلوروفورم – مذيب – ورابع كلوريد الكربون – مادة كيميائية لها استخدامات في الصناعة، الهالون – وسيلة فعالة جدا في إخماد الحرائق، وميثيل بروميد. كل هذه المركبات عمرها في الجو طويل بدرجة كافية يسمح لها أن تنتقل بالرياح إلى ستراتوسفير ولأنها تحرر الكلور أو البروم عندما تتحطم فهي تتلف طبقة الأوزون الواقية.

في بداية السبعينات (1970م) بدأ الباحثون دراسة تأثير الكيماويات على طبقة الأوزون وعلى وجه الخصوص CFCs الذي يحتوي على الكلور. وقد اختبروا أيضاً تأثير المصادر الأخرى للكلور. الكلور من الأحواض العائمة، النباتات الصناعية، ملح البحر والبراكين لا تصل ستراتوسفير. مركبات الكلور من هذه المصادر تتحد بسهولة مع الماء. وتكرار القياسات بينت أنها تمطر من التروبوسفير بسرعة جداً. وخلافاً لذلك CFCs تكون مستقرة جداً ولا تذوب في المطر. وهكذا لا توجد عمليات طبيعية لإزالة CFCs من الجو المنخفض. مع الوقت تسوق الرياح CFCs إلى ستراتوسفير.

بالرغم أن CFCs يتميز بالثبات إلا أنه يتحطم عند تعرضه للأشعة فوق البنفسجية القوية. وعندما يحدث ذلك يتحرر الكلور من مادة CFCs. ذرة كلور واحدة يمكن أن تحطم 100000 جزيء أوزون. والتأثير النهائي هو أن تحطيم الأوزون يكون أسرع من عمليات تخليقه الطبيعي.

يحدث تفريغ الأوزون بواسطة الكلورو فلورو كاربون. عندما تصل CFCs إلى الستراتوسفير تحطمها الأشعة فوق البنفسجية من الشمس وتحرر ذرات الكلور التي تتفاعل مع الأوزون وتبدأ دورة كيميائية لتحطيم الأوزون

وينتج عن هذه العملية تفريغ طبقة الأوزون. وكما ذكرنا ذرة واحدة من الكلور يمكن أن تحطم أكثر من 100000 جزيء أوزون.

هل يمكن استرداد طبقة الأوزون؟ وهل يمكن تصنيع أوزون أكثر لملء ثقب الأوزون؟

الإجابة بالترتيب هي: نعم ولا. نحن نستطيع تصنيع أوزون كاف ليحل محل الأوزون الذي تحطم لكن بشرط أن نوقف إنتاج المواد المتسببة في تفريغ الأوزون، والتفاعلات الطبيعية لإنتاج الأوزون سوف ترجع طبقة الأوزون لمستواها الطبيعي عند حوالي سنة 2050.

تفاعل ذرات الكلور مع الأوزون

Reaction of Chlorine Atoms with Ozone

تتفاعل ذرات الكلور مع جزيئات الأوزون مكونة جزيء واحد من أحادي أكسيد الكلور (CLO) ويتحرر جزيء أكسجين (O_2). بعدئذ يتفاعل جزيء أحادي أكسيد الكلور مع ذرة من الأكسجين الحر الموجود في طبقة ستراتوسفير ويتفكك الجزيء إلى كلور و O_2

$$CL + O_3 = CLO + O_2$$

$$CLO + O = CL + O_2$$

ذرة الكلور مهيأة الآن للتفاعل مع جزيء أوزون آخر. ذرة كلور واحدة يمكنها تحطيم 100000 جزيء أوزون قبل الوصول إلى جزيء يستطيع إيقاف الدورة. تحطيم جزيئات الأوزون يضعف طبقة الأوزون وقدرتها على حجز أشعة UV.

ثقب الأوزون

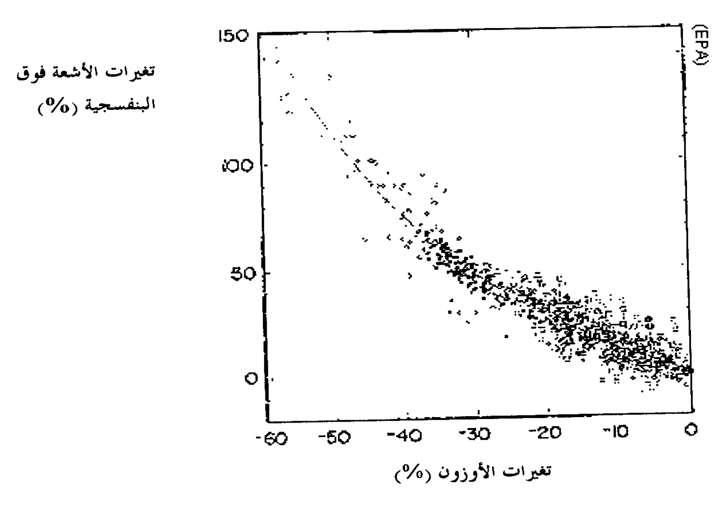
Ozone Hole

في بداية الثمانينات أثبتت القياسات التي أجراها بعض الباحثين على طبقة

الأوزون في المناطق القطبية الجنوبية Antarctic أن النقص في كمية الأوزون عند هذه القارة في أول الربيع (من سبتمبر إلى نوفمبر) مستمر في الازدياد. لوحظ تفريغ طبقة الأوزون أولاً من البيانات التي جمعت في ربيع 1982م واستمرت في 1983م. أثبتت الدراسات أن المساحات التي يوجد فوقها تفريغ لطبقة الأوزون (أي نقص في كمية الأوزون) عند القارة القطبية الجنوبية مستمرة في الزيادة عاماً بعد عام مما يؤكد استمرار عملية تفريغ الأوزون وعدم استعاضة الفاقد. يعتقد العلماء أن ظاهرة ثقب الأوزون عند القطب الجنوبي يرتبط بتكون الدوامات القطبية وهى عبارة عن كتل دوامية من الهواء البارد فوق القطب الجنوبي والتي تتكون كل شتاء. درجة الحرارة شديدة البرودة التي تسببها تكون الدوامات القطبية مع غياب ضوء الشمس في شهور الشتاء تسبب تكون سحب ستراتوسفير القطبية. هذه السحب تحفز تكون جزيئات كلوروبروم ثابتة. بمجرد أن يبدأ ربيع القارة القطبية الجنوبية في سبتمبر حيث يزيد ضوء الشمس وتزداد شدته. يبدأ تفاعل تسلسلي في السحب يعيد للكلوروالبروم الثابتين أشكالهما النشطة. وبمجرد تنشيط هذه الجزيئات الثابتة يبدأ تفريغ سريع للأوزون. وتسرع هذه العملية أيضا بالحقيقة التي مؤداها أن التفاعل عند حواف السحب يمنع أكاسيد النيتروجين من دخول السحابة وأسر الأشكال النشطة من الكلوروالبروم وتحويلهم إلى مركبات أكثر ثباتا. وكنتيجة لذلك يطول عمر الكلور والبروم عن المعتاد كما يزيد من تفريغ الأوزون. عندما تتحطم هذه الدوامات القطبية في نهاية نوفمبر سيكون هناك اندفاع للأوزون من مساحات الجو المحيطة، هذا الاندفاع يتسبب في إملاء ثقب الأوزون وهذا يفسر لماذا يكون ثقب الأوزون ذا فاعلية أثناء أشهر الربيع من سبتمبر إلى نوفمبر.

طبقة الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية قد يكون لها النسبة المئوية الأعظم في تفريغ الأوزون خلال العام، لكنها ليست المنطقة الوحيدة التي يحدث فيها التفريغ.

التوقع الطبيعي هو أن ثقب الأوزون يمكن أن يتكون أيضا تحت نفس الظروف عند القارة القطبية الشمالية **Arctic**. بالرغم من وجود تفريغ للأوزون في القارة القطبية الشمالية التوقع بأنه سيكون مشابها للتفريغ الذي يوجد عند القارة القطبية الجنوبية ليس صحيحًا. هذا الفرق سببه الاختلاف في النظام المناخي. فالدوامات القطبية موجودة في القارة القطبية الشمالية وتكون بنفس الطريقة كما في القارة القطبية الجنوبية، ولكن توجد أنظمة مناخية أخرى تجعل الدوامات القطبية أقل ثباتاً على القطب الشمالي. أيضاً يوجد تكون سحب ستراتوسفير القطبية لكنها ليست بنفس السمك ونتيجة لنقص الطقس البارد في مارس عندما يكون هناك ضوء شمس كافي ليبدأ تفاعل تفريغ الأوزون، كمية التفريغ تكون أقل بكثير عنها في القطب الجنوبي.



شكل (19) يبين العلاقة بين الأشعة فوق البنفسجية ومستويات أوزون ستراتوسفير لخمس مناطق حول العالم.

10.4 العوامل المؤثرة على الأشعة فوق البنفسجية الأرضية

Factors Affecting Terrestrial UVR

تتغير الكثافة الطيفية للأشعة فوق البنفسجية على سطح الأرض تبعا للعوامل الجغرافية والتقلبات الجوية المؤقتة، فتقل الكثافة الطيفية للأشعة فوق البنفسجية إلى النصف أو الثلث عندما يقل الطول الموجي من 400 إلى 320 نانومتر عند ارتفاعات شمسية أعلى من 20 درجة، وبعدئذ تهبط بسرعة بمقدار ثلاث مرات أو أكثر عندما يقل الطول الموجي من 320 إلى 290 نانومتر حيث يكون الامتصاص بالأوزون مهماً جداً.

1- **فترات النهار:** حوالي من 20% إلى 30% من أشعة UVR اليومية الكلية يستقبل خلال الفترة قبل وبعد منتصف النهار بساعة وقت الصيف، مع 75% بين 9 صباحاً و 3 بعد الظهر.

2- **الفصول:** في المناطق الحارة أشعة UVR المتلفة بيولوجيا الواصلة لسطح الأرض تعتمد بقوة على الفصول. وعلى أي حال، التغير الموسمي يكون أقل بالقرب من خط الاستواء.

3- **خطوط العرض الجغرافية:** يقل فيض UVR السنوي مع زيادة المسافة عن خط الاستواء. وعلى وجه التقريب العدد السنوي الأدنى لجرعة الاريثيما (الاحمرار جلدي) (MED) Minimal Ethyrene Dose على سطح أفقي غير مظلل عند منتصف خطوط العرض (20 – 60 درجة) يمكن تعيينه من المعادلة التالية:

$$\text{Annual MED} = 2\text{x}10^4 \exp(-\text{latitude})/20$$

4- **السحب:** تقلل السحب شدة الأشعة الشمسية عند سطح الأرض بالرغم من أن التغيرات في منطقة الأشعة فوق البنفسجية تكون أقل بكثير عن مقدار التغير في الشدة الكلية، نظرا لأن الماء في السحب يضعف الأشعة تحت الحمراء الشمسية أكثر بكثير من UVR. مخاطر التعرض الزائد قد يزيد تحت هذه الظروف لأن

الإحساس بالحرارة يقل.

السحب الخفيفة المبعثرة في السماء الزرقاء تحدث اختلافاً طفيفاً في شدة الأشعة فوق البنفسجية، إذا لم تكن تغطى الشمس مباشرة، بينما غطاء السحب الكامل يقلل إشعاع UV إلى حوالي النصف من تلك القيمة في حالة السماء الصافية. حتى مع غطاء السحب الثقيلة فإن مركبة الأشعة فوق البنفسجية المشتتة من ضوء الشمس (غالباً تسمى ضوء السماء) تكون أقل من 10% من تلك التي تحت السماء الصافية. على أي حال، سحب العواصف الثقيلة يمكن أن تمحو UVR الأرضية حتى وقت الصيف.

5- **انعكاس السطح:** انعكاس UVR من سطح الأرض بما في ذلك البحر يكون عادة منخفضاً (< 7%) على أي حال، رمل الجبس يعكس ≈ 25% من UVB الساقطة والصقيع يعكس حوالي 30%.

6- **الارتفاع:** على وجه العموم كل واحد كيلو متر زيادة في الارتفاع يزيد فيض الأشعة فوق البنفسجية بحوالي 6%. على العكس الأماكن على سطح الأرض تحت مستوى البحر تكون نسبياً أفقر في محتوى UVB عن الأماكن الأقرب عند مستوى البحر، هذا يظهر بوضوح حول البحر الميت في الأردن 400 كيلومتراً تحت سطح البحر.

11.4 زرقة السماء وحمرة الغروب

تشتت رايلي Rayleigh Scattering

توهين أشعة الشمس بالجزيئات الغازية وعلى وجه الخصوص الأكسجين والنيتروجين يرجع إلى تشتت رايلي. التوهين بهذه الطريقة يتناسب عكسيا مع الأس الرابع للطول الموجي. هكذا عندما يدخل شعاع من الشمس مباشرة الغلاف الجوي للأرض سوف يكون هناك تشتت أكثر للضوء الأزرق عن الضوء الأحمر. هذا هو سبب ظهور السماء باللون الأزرق. علاوة على ذلك عندما تكون

الشمس منخفضة جداً في السماء، الشعاع المباشر يجتاز سمكاً مهماً من الغلاف الجوي. في الواقع بالرغم أن الشمس ستظل مرئية، فإنها سوف تكون في الحقيقة فوق الأفق وخارج الخط المباشر للرؤية، ولكن تأتي إلى مجال رؤية المشاهد بالانكسار. الضوء الذي اجتاز سمكاً طويلاً من الغلاف الجوي سيكون مفرغاً من اللون الأزرق وفى هذه الظروف ستظهر الشمس حمراء.تشتت رايلى ترجع إليه مهمة إضعاف منطقة الأشعة فوق البنفسجية من طيف الشمس وهو أكثر أهمية من إضعاف الأوزون للأطوال الموجية أطول من 310 نانومتر.

تشتت الغبار والأتربة العالقة في الهواء (الايروسول)

Aerosol Scattering

الايروسول هو نظام غروي يكون وسطه المفرق غاز. الايروسول يحتوي على جسيمات صغيرة عالقة في الهواء توجد في الغالب على بعد كيلومتر إلى 2 كيلومتر من سطح الأرض، تتغير كثافتها مع الرطوبة ووجودها في الغلاف الجوي يساهم في إضعاف الأشعة الشمسية. ويكون الغلاف الجوي المحتوي على الايروسول معكراً أو قاتماً ومصطلح تشتت Mie يستخدم عادة ليشمل الإضعاف بالجسيمات الصغيرة مثل مكونات الايروسول والغبار. وتأثير التوهين بهذه الجسيمات الصغيرة العالقة ثابت نسبياً خلال منطقة طيف UV. في الحقيقة، معامل التوهين (لكل وحدة سمك) في الغلاف الجوي يكون أكبر في حالة تشتت الايروسول عنه في حالة تشتت رايلى، لكن يكون للأخير نتائج كلية أكبر لأنه يعمل على مسافة أكبر (حوالي 60 كيلومتراً).

الارتفاع Altitude

يؤثر الارتفاع على شدة أشعة الشمس وأيضاً على المساهمة النسبية للأطوال الموجية المختلفة. عند الدخول الأول لأشعة الشمس في الغلاف الجوي يوهن ضوء الشمس أساساً بسبب تشتت رايلى. بعدئذ تأتي منطقة تركيز الأوزون

عند ارتفاع حوالي 20 كيلـومتراً. ويمكـن إضـافة تـوهين الايروسـول وجسـيمات الأتربة إلى التـأثير المشـترك لتشـتت رايلـي وامتصـاص الأوزون في الكيلـومترات القليلة الأخيرة قبل وصول الأشعة إلى سطح الأرض.

12.4 البيت الأخضر (الصوبة)

ما المقصود بتأثير البيت الأخضر (الصوبة)؟

What is Meant by Green House Effect?

الدفء العالمي: Global Warming

هو في الأساس تأثير طبيعـي يسـخن الأرض والبيوسـفير وبدونـه لا تسـتقيم الحياة علـى الأرض. فـإذا لم يكـن هنـاك تدفئـة عالميـة سـوف تكـون حـرارة الأرض $-18^{o}C$.

تأثير الصوبة هو تعبير يستخدم لوصـف كيـف أن بعـض غـازات الصـوب تعمل بطريقة مشابهة لمربع من الزجاج عندما يمتص الأشعة تحت الحمـراء المنبعثـة مـن سطح الأرض.

معظم العلماء يوافقون على أن زيادة انبعاث غاز الصـوبة سـوف ينـتج عنـه زيادة صغيرة في درجة الحرارة العالمية والتي سوف تغـير النظـام المنـاخي Climates Pattern.

بتعبير آخر، يقصد بالصوب الظروف حيث تمـر الأطـوال الموجيـة القصـيرة من ضوء الشمس المرئي من خـلال وسـط شـفاف في حـين أن الأطـوال الموجيـة الطويلة للأشعة تحت الحمراء المنبعثـة مـن الأجسـام السـاخنة بفعـل الشـمس لا تستطيع المرور خلال هذا الوسط.

حبس الأشـعة ذات الطـول المـوجي الطويـل يـؤدى إلى زيـادة التسـخين وارتفاع درجة الحرارة. وقد استخدم تـأثير الصـوب علـى نطـاق واسـع لوصـف

احتباس الحرارة الزائدة بسبب ازدياد تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو، ثاني أكسيد الكربون يمتص بشدة الأشعة تحت الحمراء ولا يسمح للكثير منها بالهروب إلى الفضاء.

نعطى هنا أمثلة على تأثير الصوب:

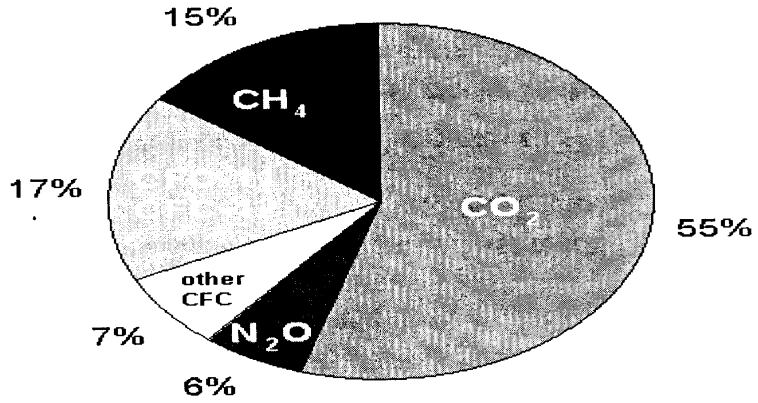
ضوء الشمس الساطع يسخن سيارتك في اليوم البارد الصافي بتأثير الصوبة. الأطوال الموجية الطويلة للأشعة تحت الحمراء المنبعثة من الأجسام المسخنة بالشمس لا تمر بسهولة خلال الزجاج. حبس هذه الطاقة يسخن السيارة من الداخل.

في الصوبة الزجاجية التي تقام في الأماكن الباردة لكي تحمى المزروعات بداخلها من برودة الأجواء المحيطة بها، يسمح زجاج الصوبة بنفاذ أشعة الشمس من الخارج إلى الداخل وبذلك تسخن النباتات والتربة التي بداخل الصوبة. ومن ثم تنبعث أشعة حرارية، أشعة تحت الحمراء، تحاول النفاذ من الزجاج فلا يسمح لها بالنفاذ وتؤدى إلى تسخين الصوبة من الداخل ومد النبات بالحرارة اللازمة للنمو. بالمثل في الغلاف الجوي للأرض، تعمل غازات الصوبة وكأنها غشاء رقيق يحيط بكوكب الأرض من كل جهة وتقوم بنفس العمل الذي تقوم به الأغطية الزجاجية أو البلاستيكية التي تغلف الصوبات، وهذا من شأنه رفع درجة حرارة الأرض والجو الملاصق لها.

تزداد درجة حرارة سطح الأرض والجو المنخفض بزيادة ثاني أكسيد الكربون وبعض غازات أخرى معينة في الجو. يسخن ضوء الشمس المرئي سطح الأرض، جزء من هذه الطاقة ينبعث مرة أخرى بأطوال موجية أعلى في منطقة الأشعة تحت الحمراء، ويمتص جزء كبير من هذه الأشعة بواسطة جزيئات غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء في الجو ويشع مرة أخرى خلفاً في اتجاه سطح الأرض مما يزيد من سخونة سطح الأرض. هذه العملية تشبه نسبياً عمل الغطاء الزجاجي للصوبة الذي ينفذ ضوء الشمس المرئي ولكن يمتص الأشعة تحت الحمراء. احتباس الأشعة تحت الحمراء تسبب سخونة سطح الأرض وجو الأرض المنخفض. زيادة

ثاني أكسيد الكربون في الجو بسبب الاحتراق الواسع المدى للوقود الحفري يزيد شدة تأثير الصوبة ويسبب تغيرات مناخية طويلة المدى. الزيادة في تركيزات الغازات الجوية الشحيحة الأخرى مثل الكلوروفلورو كاربون وأكسيد النيتروز والميثان تزيد تأثير الصوب. لقد تبين أنه منذ بداية التطور الصناعي ازداد ثاني أكسد الكربون الجوي بنسبة 30% في حين أن كمية الميثان قد تضاعفت. والولايات المتحدة US مسئولة عن حوالي خمس (20%) من غاز الصوب الناتج من النشاطات البشرية والاتحاد السوفيتي القديم (14%) يلي ذلك الصين (10%) واليابان (5%) وكل من الهند والبرازيل (4%) فقط.

الايروسولات من النشاط البشرى (جسيمات ميكروسكوبية منقولة جواً) في التروبوسفير الناتجة من احتراق الوقود الحفري والمواد الحيوية يمكن أن تعكس الأشعة الشمسية وهذا يعمل في اتجاه تبريد النظام المناخي. ولأن إيروسول الكربون الأسود (الهباب Soot) يمتص الأشعة الشمسية فإنه يتجه إلى تسخين النظام المناخي. النشاط البركاني يمكن أن يقذف كميات كثيرة من غازات تحتوي على كبريت (ثاني أكسيد الكبريت أولى) إلى الستراتوسفير والتي تتحول إلى إيروسولات الكبريتات. ويبين شكل (20) توزيع غازات الجو.



شكل (20) يبين توزيع غازات الجو.

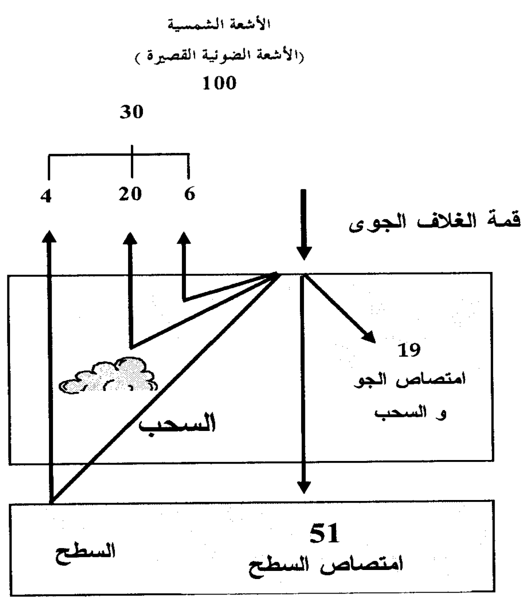
1-12.4 الاتزان الحراري Thermal Equilibrium

تأثير الأشعة قصيرة الموجة

Effect of Short Wave Radiation

أشعة الشمس التي تصل جو الأرض (يطلق عليها الأشعة قصيرة الموجة) يمكن أن تنعكس بالسحب، بالسطح، وجزيئات الهواء والأتربة. هذا يمثل حوالي 30% من الأشعة القادمة من الشمس. وقد اصطلح من الناحية التقنية على تسمية هذه النسبة **Albedo** حيث إن ألبيدو هو نسبة الأشعة القادمة والتي تنعكس إلى الفضاء. وتمتص 19% أخرى في المتوسط في الجو غالباً بالأوزون في طبقة ستراتوسفير الأرض. ويمتص الباقي 51% بواسطة سطح الأرض. حيث إن الأرض تريد أن تظل في حالة اتزان حراري فلابد لها أن تعيد إشعاع هذه الطاقة. وتقدر حرارة هذا الاتزان بحوالي 300 كلفن وعند هذه الحرارة تكون الأطوال الموجية للإشعاع في منطقة الأشعة تحت الحمراء.

في المدى الطويل تشع الأرض والجو هذه الطاقة التي تستقبلها من الشمس إلى الفضاء، ولكن على مدى سنة أو يوم أو كلما تتحرك جغرافياً فإنه من المحتمل أن لا يتحقق هذا التوازن. فمثلاً، في الليل أو في الشتاء تكون أشعة الشمس أقل مسببة عجزا في الطاقة مما يؤدي إلى انخفاض في درجة الحرارة في هذه الأوقات عامة. ولكي نتعرف على التوازن الكلى للطاقة ينبغي أن نأخذ في الاعتبار الوسائل الأخرى لتبادل الطاقة بين سطح الأرض والجو والفضاء شكل (21).



شكل (21) يبين امتصاص الأشعة الشمسية.

تأثير الأشعة طويلة الموجة

Effect of Long Wave Radiation

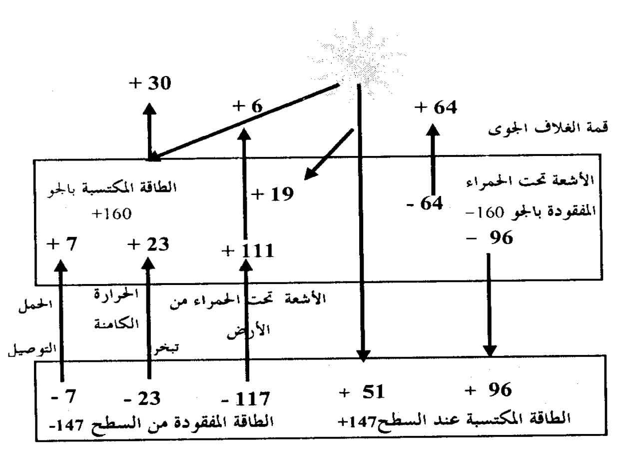
كل الأجسام تبعث أشعة بأطوال موجية تحكمها درجة حرارة هذه الأجسام. نسبة 51% من الأشعة قصيرة الموجة التي يمتصها سطح الأرض تسخن السطح. ولكن عندما يسخن السطح يشع أشعة تحت حمراء إلى جو الأرض ويبين شكل (22) معدل التبادل السنوي للطاقة بين سطح الأرض والجو. نلاحظ أن 51% من أشعة الشمس الأصلية يمتص، لكن 117% من الأشعة الأصلية الصادرة من الشمس تنبعث إلى الجو، وهذا ما يثير التساؤل كيف يحدث ذلك؟

نفهم الإجابة عندما نعتبر أن سطح الكوكب يستقبل كمية هائلة من الطاقة من الجو المحيط به. هكذا يكون تأثير الجو هو تدفئة السطح ورفع درجة الحرارة أعلى من درجة الحرارة الناتجة من طاقة الشمس. الجو يدفئ الأرض بحبس للأشعة مما يسمح لتدفئة السطح حتى 300^oK. عند هذه الدرجة يكون إشعاع سطح الجسم الأسود كافيا جدا للتأكيد على أن حالة الاتزان تتعلق بذلك. الجو يحبس الأشعة خلال فعل غازات معينة يطلق عليها غازات الصوبة. هذه الغازات (مثل CO_2, H_2O, N_2O, CFCs, CO) جيدة جدا في امتصاص ثم انبعاث الأشعة تحت الحمراء. وهذه الغازات تعترض الأشعة تحت الحمراء من الأرض ثم تعكس بعض الطاقة للأرض ومن ثم تدفئها أكثر مما ينبغي.

معنى ذلك أن تأثير الصوبة هو: تمتص الأرض الأشعة القادمة من الشمس ومن ثم تحاول أن تبرد بانبعاث أشعة بأطوال موجية في منطقة الأشعة تحت الحمراء. هذه الأشعة تمتصها غازات الصوبة وهكذا لا تستطيع الهروب إلى الفضاء وتكون محصلة التأثير هي زيادة المعدل السنوي للحرارة.

حصص إشعاع سطح الأرض

الفاقد Losses	المكتسب Gains
7 توصيل وحمل	51 مرئي من الشمس
23 بخر	96 أشعة تحت حمراء من الجو
117 أشعة تحت حمراء	
المجموع 147	المجموع 147



شكل (22) يبين معدل التبادل السنوي للطاقة بين سطح الأرض والجو.

الماصات الانتقائية - غازات الصوبة

Selective Absorbers – Green House Gases

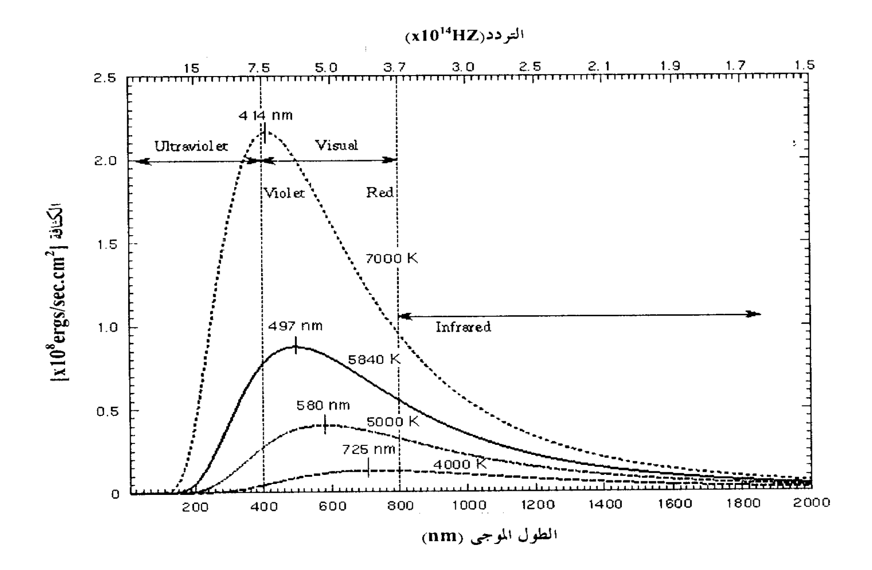
المكونات الأساسية لغاز الصوبة في الجو مثل **N_2O, CH_4, H_2O, CO,** **CO_2** وأوزون التروبوسفير، تعمل كماصات انتقائية، بمعنى أن كل مركب يمتص طول موجي معين من الأشعة تحت الحمراء الخارجة أو مدى من الأطوال الموجية. ينبغي أن نلاحظ أن مساهمة الأوزون في تدفئة الكرة الأرضية، ليس أوزون الستراتوسفير (الأوزون الجيد الذي يحجب أشعة **UVB** من الوصول إلى الأرض) لكنه الأوزون المتولد من العادم (أوزون رديء).

13.4 إشعاع الجسم الأسود

الجسم الأسود هو مادة سوداء مثالية تمتص كل الأشعة الساقطة عليها ولا

تعكس أو تنفذ منها شيئاً. مسحوق الكربون الذي يعكس أقل من 2% من الأشعة الساقطة عليه يعتبر تقريبا جسم أسود مثالي. نظراً لأن الجسم الأسود هو ماص مثالي للطاقة الإشعاعية، يكون أيضاً طبقاً لقوانين الديناميكا الحرارية، باعثاً مثالياً للأشعة. توزيع الطاقة الإشعاعية للجسم الأسود المشع حسب الطول الموجي يعتمد على درجة الحرارة المطلقة للجسم الأسود وليس على طبيعته الداخلية أو تركيبه. كلما ازدادت درجة الحرارة يقل الطول الموجي الذي عنده تكون الطاقة المنبعثة في الثانية قيمة عظمى شكل (23). هذه الطاقة الظاهرة يمكن رؤيتها في سلوك الجسم العادي المتوهج. في البداية يتوهج الجسم في الطول الموجي الأحمر الطويل بعدئذ في الطول الموجي الأصفر وفى النهاية في الطول الموجي الأزرق القصير. ولكي يفسر التوزيع الطيفي لإشعاع الجسم الأسود طور ماكس بلانك النظرية الكمية سنة 1901م في الديناميكا الحرارية واستخدم مبدأ الجسم الأسود لتعيين طبيعة وكمية الطاقة المنبعثة من جسم ساخن.

استخدم إشعاع الجسم الأسود كمصدر مهم لتأكيد نظرية الانفجار العظيم التي تنص على أن الكون ولد نتيجة انفجار ناري منذ 10 إلى 20 بليون سنة مضت، طبقا لهذه النظرية قد ترك الانفجار خلفية إشعاعية كونية للجسم الأسود والتي تكون منتظمة في كل الاتجاهات ولها حرارة مكافئة لقليل من درجات كلفن. مثل هذه الخلفية المنتظمة، مع درجة حرارة 2.7°K قد اكتشفت في 1964م بواسطة **Arno. A. penzias, Robert. L.Wilson** اللذين منحا جائزة نوبل في الفيزياء سنة 1978م لهذا العمل. البيانات الحديثة التي جمعت بأقمار ناسا عن خلفية الميكروويف الكونية قد بينت تذبذبًا حراريًا صغيرًا في الإشعاع الذي اعتقد أنه يتعلق ببذور النجوم والمجرات.



شكل (23) توزيع الطاقة الإشعاعية للجسم الأسود.

قانون ستيفان - بولتزمان

ينص هذا القانون على أن الانبعاثية الإشعاعية تتناسب مع الأس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة T وهذا يجعلها عالية الحساسية لقياس الحرارة.

$$E = \sigma T^4$$

حيث σ هو ثابت ستيفن ويساوى

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \frac{\text{Watts}}{M^2 K4}$$

قانون الإزاحة لفين

ينص على أن حاصل ضرب الطول الموجي (المقابل للقيمة العظمى للإشعاعية الطيفية) ودرجة الحرارة يساوى تقريبا $3000 \mu m.^{o}K$.

$$\lambda(max)T=3000\mu m.^{o}K$$

وهذا القانون يفيد في تعيين الطـــول المـــوجي الأمثـــل لقيـــاس درجـــة حـــرارة الأجسام التي حرارها T. على سبيل المثال الطول الموجي μ 10 تقريبـــاً هـــو الأفضـــل لقياس حرارة الأجسام عند $300^{o}K$.

14.4 نفاذية الجو Transmittance of Atmosphere

يتأثر انتقال ضوء الشـــمس خـــلال الجـــو بامتصـــاص وتشـــتت جزيئـــات وإيروسول الجو. تؤثر العوامل التالية في نفاذية الجو.

1- الجزيئات الجويـــة Atmospheric Molecules (حجمهـــا أصـــغر مـــن الطـــول الموجي) وهى ثـــاني أكســـيد الكربـــون – الأوزون – غـــاز النيتـــروجين وجزيئـــات أخرى.

2– الإيروسولات (حجمها أكبر من الطول المـــوجي) قطـــرات المـــاء مثـــل الضـــباب Fogs، والسحاب الخفيف (السديم) Haze والأتربـــة والأجســـام الأخـــرى الأكـــبر في الحجم.

يطلق على التشتت بواســـطة الجزيئـــات الجويـــة ذات الحجـــم الأصـــغر مـــن الطول الموجي لضوء الشمس، تشتت رايلى. ويتناسب تشـــتت رايلـــى عكســـيا مـــع الأس الرابع للطول الموجي. التشـــتت بالإيروســـولات ذات الأحجـــام الأكـــبر مـــن الطول الموجي لضوء الشـــمس يســـمى تشـــتت مـــاي Mie Scattering. ومصـــدر الإيروسولات هو الجسيمات العالقة مثل ماء البحـــر أو غبـــار الجـــو المتصـــاعد مـــن الأرض أو البحر، النفايـــات أو الفضـــلات الحضـــارية Urban Garbage، دخـــان المصانع ورماد البراكين والتي تتغير معتمـــدة إلى حـــد كـــبير علـــى الموقـــع والـــزمن. بالإضافة إلى ذلك تـــتغير أيضـــاً الخصـــائص الضـــوئية وتوزيـــع الحجـــم بالنســـبة إلى الرطوبة ودرجة الحرارة والظـــروف البيئيـــة الأخـــرى. وهـــذا يجعـــل قيـــاس تـــأثير الإيروسول صعبًا.

15.4 الانعكاسية Reflectance

الانعكاسية هي نسبة الفيض الساقط على سطح العينة إلى الفيض المنعكس من السطح. ويتراوح مقدار الانعكاسية بين 1&0. وكانت الانعكاسية تعرف في البداية على أنها نسبة فيض الضوء الأبيض الساقط إلى الفيض المنعكس في اتجاه نصف كرة. وتقاس الانعكاسية بجهاز السبيكترومتر.

الألبيدو **Albedo** هو الانعكاسية عندما تكون الشمس هي مصدر الضوء الساقط. ويستخدم معامل الانعكاسية أحيانا على أنه نسبة الفيض المنعكس من سطح العينة إلى الفيض المنعكس من سطح انتشار مثالي. يطلق على الانعكاسية المتعلقة بالطول الموجي الانعكاسية الطيفية.

ملحوظة:

يعرف سطح الانتشار المثالي على أنه سطح متجانس الانتشار بانعكاسية مقدارها 1، بينما السطح متجانس الانتشار المسمى بالسطح المرئي يعكس إشعاعاً ثابتاً بصرف النظر عن زاوية المشاهدة. وقانون جيب تمام لامبرت الذي يعرف السطح اللامبرتي هو كالتالي:

$$I(\theta) = In \cos \theta$$

حيث $I(\theta)$ شدة الاستضاءة عند زاوية θ من العمودي على السطح.

In شدة الاستضاءة عند الزاوية العمودية.

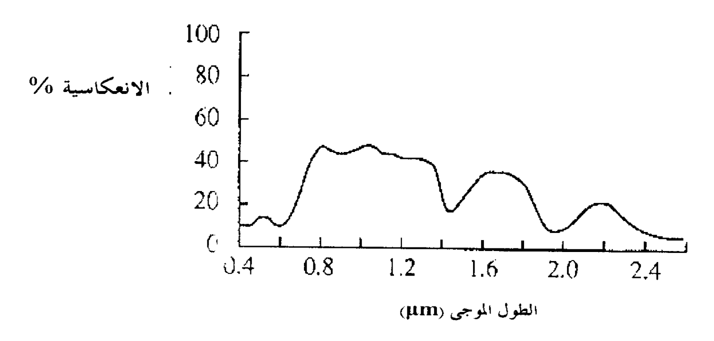
الانعكاسية الطيفية لغطاء الأرض

Spectral Reflectance of Land Covers

يفترض أن تكون الانعكاسية الطيفية مختلفة من ناحية اختلاف نوع غطاء الأرض. وهذا مبدأ يتيح في كثير من الحالات التعرف على أغطية الأرض

بالاستشعار عن بعد،بمشاهدة الانعكاسية الطيفية للإشعاع الطيفي من مسافة بعيدة عن الجسم.

قد ثبت أن الإشعاع المنعكس يعتمد على نوع السطح العاكس علاوة على خواص الأشعة الساقطة وزاوية سقوطها. فمثلاً تعكس الحشائش والخضراوات من 17% إلى 22% من كمية الأشعة الساقطة عليها، بينما تعكس رمال الصحارى حوالي 5% من الأشعة الساقطة عليها، أما مياه البحار والمحيطات فتعكس كمية تتراوح بين 11% إلى 25% من الأشعة الساقطة عليها.



شكل (24) الانعكاسية الطيفية للخضر.

يبين شكل (24) منحنى الانعكاسية الطيفية للكساء الخضري للأرض وكما يلاحظ من الشكل يظهر الكساء الخضري أعلى انعكاسية في منطقة تحت الحمراء القريبة، بالرغم من وجود ثلاث قيم صغرى نتيجة الامتصاصية في منطقة تحت الحمراء. الكلوروفيل في الورق له امتصاص قوي عند 0.67µm, 0.45 µm وانعكاسية عالية في منطقة تحت الحمراء القريبة (0.9 µm – 0.7). وينتج عن ذلك قمة صغيرة عند (0.6 µm – 0.5)، شريط اللون الأخضر والذي يجعل النباتات خضراء للمشاهد.

تحت الحمراء مفيدة جداً لمسح وعمل خريطة للنبات الأخضر لأن هذا التدرج (0.7 – 0.9 µm) ينتج فقط عن الزراعة الخضراء. يوجد شريطا امتصاص عند حوالي 1.5 µm و 1.9 µm في طيف الورق بسبب كمية الماء فيها، ويستخدم هذا أيضاً في مسح النشاط النباتي.



الأشعة الكهرومغناطيسية
وجسم الإنسان
Electromagnetic Radiation and Human Body

1.5 الأشعة الكهرومغناطيسية

تتكون الأشعة الكهرومغناطيسية، حسب الطول الموجي، (من الأقصر إلى الأطول) من أشعة جاما والأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء والموجات الميكرونية ثم موجات الراديو. الأشعة الكهرومغناطيسية ذات خاصية مزدوجة، الخاصية الموجية والخاصية الجسيمية. وقد فسر ماكسويل **James Clark Maxwell** **(1831-1879)** طبيعة الأشعة الكهرومغناطيسية على أساس نظرية الديناميكا الكهرومغناطيسية، لذلك أطلق عليها الأشعة الكهرومغناطيسية. هذه الأشعة، طبقاً لنظرية ماكسويل، عبارة عن مجال كهربائي وآخر مغناطيسي يتعامد كل منهما على الآخر وعلى اتجاه انتشار الأشعة. تنتشر الأشعة على هيئة موجة جيبية ويرمز لمتجهي المجالين المغناطيسي والكهربائي بالحرفين **E&B** على التوالي، كما في الشكل **(25)**. جدول **(10)** يبين المناطق المختلفة من الأشعة الكهرومغناطيسية.

سرعة انتشار الأشعة في الفراغ لكل المناطق المذكورة ثابتة وتعرف بسرعة الضوء ويرمز لها بالرمز C وتساوى

$C = 2.997925 \times 10^{8}$ m/s

وتعرف سرعة الضوء بأنها حاصل ضرب طول الموجة λ (وهى المسافة بين قمتين متتاليتين) والتردد υ (عدد الدورات في الثانية).

$$C = \lambda \upsilon \quad (1.5)$$

في القرن التاسع عشر أثبتت الدراسات التي قام بها أينشتين وبلانك وبوهر أنه في كثير من الحالات يمكن اعتبار الأشعة الكهرومغناطيسية سيلاً من الجسيمات أو كمات Quanta (فوتونات) وتحسب طاقتها E من معادلة بوهر التالية :

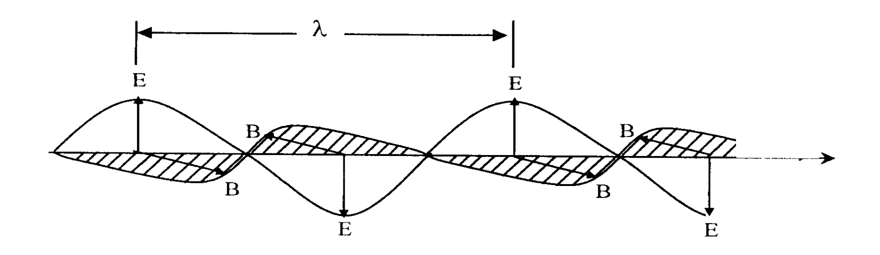
$$E = h\upsilon = hC/\lambda \text{ Joule} \quad (2.5)$$

حيث h ثابت بلانك = 6.626 x 10-34 جول ثانية

يلاحظ من هذه العلاقة أنه كلما زاد التردد أو قل الطول الموجي زادت الطاقة التي يعبر عنها بالجول.

$$E\ (\text{Kcal/mol}) = 28.6/\ \lambda(\mu) = 28.6 \times 1000\ /\ \lambda\ (\text{nm})$$

$$E\ (\text{KJ/mol}) = 119.7/\ \lambda(\mu) = 119.7 \times 1000\ /\ \lambda\ (\text{nm})$$



شكل (25) انتشار الموجات الكهرومغناطيسية.

جدول (10): مناطق الأشعة الكهرومغناطيسية.

أشعة جاما	أشعة X	الضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية	الأشعة تحت الحمراء	الموجات الميكرونية	الرنين الإلكتروني المغناطيسي e.s.r.	الرنين النووي المغناطيسي n.m.r.
إعادة ترتيب الجسيمات النووية	الانتقال بين المدارات الداخلية للذرة	الانتقال بين المدارات الخارجية للذرة	الانتقال بين مستويات الطاقة التذبذبية	الانتقال بين مستويات الطاقة الدورانية	انعكاس غزل الإلكترون	انعكاس غزل النواة
10^6	10^4 cm^{-1}	100	1	10^{-2}	العدد الموجى 10^8	
10 nm	1 μm	100 μm	1 cm	100 cm	100 pm الطول الموجي 10m	
Hz $3x10^{16}$	$3x10^{14}$	$3x10^{12}$	$3x10^{10}$	$3x10^8$	$3x10^{18}$ التردد $3x10^6$	
10^7	10^5 joules/mole	10^3	10	10^{-1}	10^9 الطاقة 10^3	

تشترك الأشعة الكهرومغناطيسية في بعض الخواص منها سرعة الانتشار في الفضاء وعدم الانحراف بالمجال الكهربائي أو المغناطيسي وأيضاً تشترك في ظاهرتي الانعكاس والانكسار والظواهر الطبيعية المعروفة مثل التداخل والحيود والاستقطاب.

نظراً لاختلاف تردد (أو طول موجة) هذه الأشعة في المناطق المختلفة فإن أشعة كل منطقة تتميز بمصادر إشعاع وطرق قياس وتحليل وكشف خاصة بها علاوة على أن طبيعة تفاعل الأشعة الكهرومغناطيسية مع المادة تختلف باختلاف خواص أشعة كل منطقة عن الأخرى.

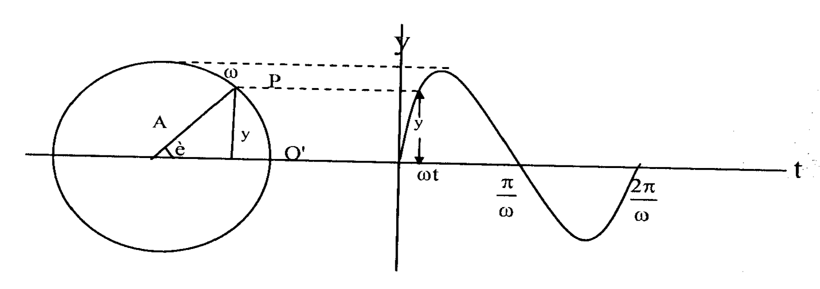
تعتبر الأشعة الكهرومغناطيسية – الذي يمثل الضوء المرئي جزءاً صغيراً واضحاً منها – أمواج توافقية بسيطة تنتشر من المصدر في خطوط مستقيمة إلا إذا عانت انكساراً أو انعكاسا. الموجات التوافقية البسيطة لها خواص الموجة الجيبية والتي تعرف بالعلاقة:

$$y = A \sin \theta = \sin \omega t \quad (3.5)$$

حيث y هي الإزاحة، A القيمة العظمى لها و θ زاوية تتغير من $0°$ إلى $360°$ [أو 0 ، 2π راديان]، ω السرعة الزاوية.

يمكن تمثيل الموجة الجيبية بالحركة الدائرية للنقطة P في شكل (26). تتحرك النقطة P بسرعة زاوية منتظمة ω rad s-1 في مسار دائري نصف قطره A. نبدأ قياس الزمن من لحظة مرور P بالنقطة O` وبعد مرور t ثانية، نتصور أن P قطعت زاوية $\theta = \omega t$ راديان، فتكون المسافة الرأسية التي قطعتها P هي.

$$y = A \sin \omega t \quad , \quad y = A \sin \theta$$



شكل (26) المنحنى الجيبي للحركة الدورانية لنقطة P تتحرك بسرعة منتظمة ω.

الشكل يوضح العلاقة بين الإزاحة والزمن. بعد زمن $\frac{2\pi}{\omega}$ ثانية تعود P إلى النقطة O` وقد دارت دورة كاملة. باستمرار الدوران تتكرر الدورات ويتكرر تبعاً لذلك النموذج المبين بالشكل. في ثانية واحدة يتكرر الدوران عدد $\frac{\omega}{2\pi}$ من المرات. يعرف تردد الموجة υ بأنه عدد الدورات $\frac{\omega}{2\pi}$ في الثانية الواحدة، ووحدة التردد الهيرتز Hz وأبعادها S^{-1} أي مقلوب الثانية.

$$\therefore\ y = A \sin \omega t = A \sin 2\pi \upsilon t \qquad (4.5)$$

تعتبر هذه المعادلة هي المعادلة الأساسية للحركة الموجية وتبين تغير الإزاحة مع الزمن ويعبر عن تغير المسافة مع الزمن بالمعادلة:

$$x = c\,t \quad (5.5)$$

حيث x هي المسافة المقطوعة في زمن t عند سرعة c. بضم المعادلتين السابقتين نجد:

$$y = A \sin 2\pi \upsilon t = A \sin \frac{2\pi \upsilon x}{c} \quad (6.5)$$

يمكن كذلك تعريف طول الموجة λالمسافة المقطوعة خلال دورة كاملة. عندما تكون السرعة C متر/ ثانية وعدد الدورات υ دورة في الثانية يوجد عدد υ موجة في C من الأمتار

أي أن:

$$\lambda = \frac{c}{\upsilon} \text{ meters}$$

$$y = A \sin \frac{2\pi x}{\lambda} \quad (7.5)$$

1-1.5 الخصائص المشتركة لجميع أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي

1- تنتشر في حيز الفراغ. تحتاج بعض الأنواع الأخرى من الموجات إلى وسط مادي تتحرك خلاله، فمثلاً موجات الماء تحتاج إلى ماء سائل، موجات الصوت تحتاج إلى غاز أو سائل أو مادة صلبة لكي يسمع الصوت.

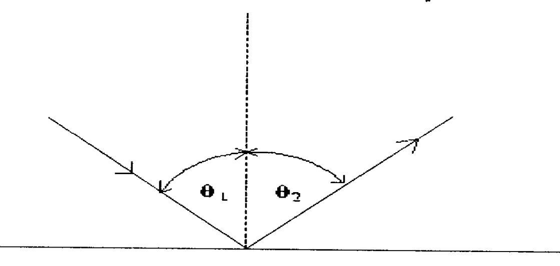
2- سرعة الضوء ثابتة في الفضاء. كل أشكال الضوء تنتقل بنفس السرعة 2.99800 كيلومتراً في الثانية في الفضاء [ويرمز لها دائما بالحرف C]، وترتيبها من الطاقة الأعلى إلى الطاقة الأقل كما يلي: أشعة جاما - أشعة X - فوق البنفسجية - المرئية - تحت الحمراء - راديو [الموجات الميكرونية هي موجات راديو عالية الطاقة].

3– يعرف الطول الموجي– تماماً كما في حالة موجات الماء – المسافة بين قمتين أو بين قاعين. الأطوال الموجية للضوء المرئي الذي تكتشفه العين 4000 إلى 8000 أنجستروم [واحد أنجستروم = 10-10 متراً]، وأحياناً يقاس الطول الموجي للضوء المرئي بالنانومتر [واحد نانومتر = 10-9 متراً = 10 أنجستروم].

2-1.5 انعكاس الضوء Reflection of Light

الخاصية الأولى للضوء التي نأخذها في الاعتبار هي انعكاسه من سطح ما مثل المرآة، وهذا موضح بالشكل (27). عندما ينعكس الضوء من أي سطح فإن زاوية السقوط θ_1 تساوى دائماً زاوية الانعكاس θ_2. وتقاس الزاويتان دائماً بالنسبة للعمودي على السطح. الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمودي على السطح تقع جميعها في مستوى واحد. قانون الانعكاس يطبق أيضاً على الطبيعة الجسيمية للضوء.

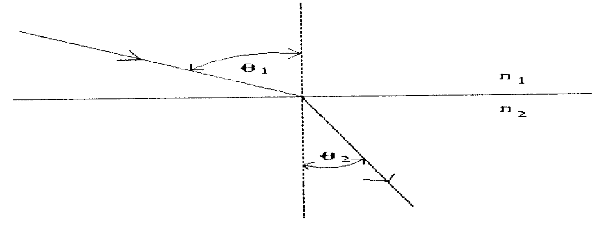
نرى معظم الأجسام لأنها تعكس الضوء إلى أعيننا. النوع الأكثر شيوعاً في الانعكاس هو الانعكاس المنتشر وفيه ينعكس الضوء في كل الاتجاهات. يحدث هذا الانعكاس عندما تكون أبعاد خشونة السطح العاكس كبيرة مقارنة بالطول الموجي للموجة المنعكسة. ويسمى النوع الآخر من الانعكاس، بالانعكاس المنتظم (أو المنظاري) وفيه تنعكس حزمة ضيقة من الضوء في اتجاه واحد فقط. يحدث هذا النوع من الانعكاس من الأسطح الملساء والتي يكون عدم انتظام السطح فيها صغيراً مقارنة بالطول الموجي للموجة المنعكسة.



شكل (27) يبين انعكاس الضوء.

3-1.5 انكسار الضوء Refraction of Light

الانكسار هو انحناء موجة عند دخولها وسط تتغير فيه سرعتها. وينحرف شعاع الضوء عند مروره من وسط سريع (أقل كثافة ضوئية) إلى وسط بطيء (أعلى كثافة ضوئية) في اتجاه العمودي على السطح الفاصل بين الوسطين، يعتمد مقدار الانحناء على معاملي انكسار الوسطين، ويوصف كمياً بقانون سنل Snell's Law. والانكسار هو المسئول عن تكوين الصور بالعدسات والعين. وعندما تنقص سرعة الضوء في الوسط البطيء، يقصر الطول الموجي تناسبياً. التردد لا يتغير، هذه خاصية لمصدر الضوء ولا تتأثر بتغيرات الوسط. ويعرف معامل الانكسار بسرعة الضوء في الفراغ مقسومة على سرعته في الوسط. ويبين الجدول التالي معاملات انكسار بعض المواد. والقيم المعطاة تقريبية ولا تأخذ في الحسبان التغيرات الصغيرة في المعامل مع طول موجة الضوء والتي يطلق عليها التفريق **Dispersion**.



شكل (28) يبين انكسار الضوء.

جدول (11) معاملات انكسار بعض المواد.

الوسط	معامل الانكسار	الوسط	معامل الانكسار
الفراغ	1.000	الكحول الإيثيلي	1.362
الهواء	1.00077	الجليسرين	1.473
الماء	0.75	الثلج	1.31
ثاني أكسيد الكربون	1.65	البولي ستيرين	1.591
مثيلين اليود	1.74	الزجاج البني	1.50-1.62
الألماس	2.417	زجاج الفلنت	1.57-1.75

4-1.5 قانون سنل Snell's Law

هو علاقة بين معاملي الانكسار n للوسطين واتجاهات انتشار شعاع الضوء بدلالة الزوايا مع العمودي على السطح الفاصل. يمكن استنتاج قانون سنل من قاعدة فرمات أو من معادلة فرسنل.

قانون سنل $n_1/n_2 = \sin\theta_2/\sin\theta_1$

إذا كان معامل انكسار وسط السقوط هو الأكبر عندئذ تزداد الزاوية مع العمودي بالانكسار. الوسط ذو معامل الانكسار الأكبر يقال له عادة الوسط الداخلي، بما أن معامل انكسار الهواء $n = 1$ يكون هو في العادة الوسط المحيط أو الوسط الخارجي.

يمكن حساب حالة الانعكاس الكلي الداخلي بوضع زاوية الانكسار تساوى 90^o وحساب زاوية السقوط. بما أن الضوء لا يستطيع الانكسار بزاوية أكبر من 90^o فإنه سوف ينعكس كلية بزاوية سقوط أكبر من الزاوية التي تعطى انكساراً عند 90^o.

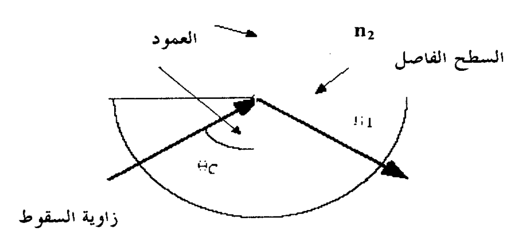
5-1.5 الانعكاس الكلى الداخلي Total Internal Reflection

بالنسبة لشعاع الضوء المار من مادة أكبر كثافة إلى مادة أقل كثافة توجد زاوية حرجة للسقوط θc تكون زاوية الانكسار المقابلة لها 90^o. إذا زادت زاوية السقوط عن الزاوية الحرجة لا يستطيع الضوء المرور خلال السطح الفاصل بين المادتين وينعكس في المادة الأعلى كثافة. عندما يحاول شعاع الضوء المرور من الوسط 1 إلى الوسط 2، تعطى الزاوية الحرجة من العلاقة التالية:

$$\sin \theta c = n_2/n_1$$

حيث n_2 هي معامل انكسار الوسط الأقل كثافة

n_1 " " " " الأعلى كثافة



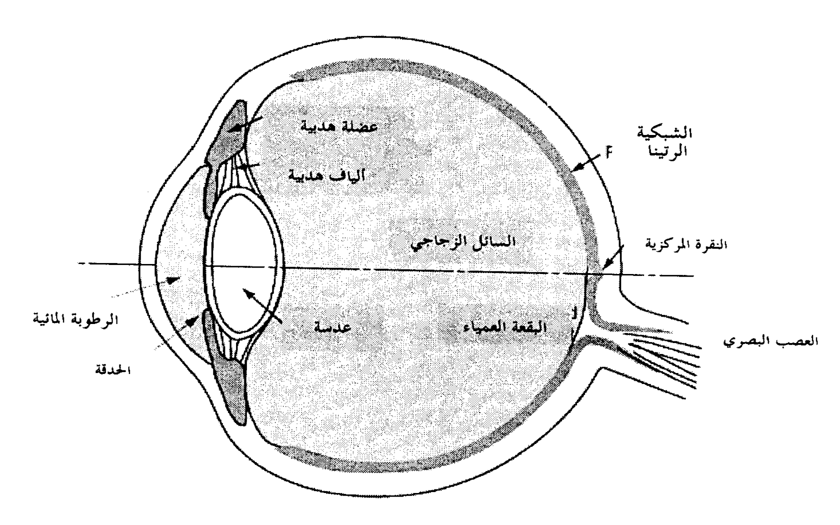
شكل (29) يبين الانعكاس الكلى الداخلي.

توضح العلاقة السابقة للزاوية الحرجة أن n_1 يجب أن تكون أكبر من n_2 لكي يحدث الانعكاس الكلى الداخلي، أي يجب أن يكون الوسط 1 أكثف من الوسط 2 وإلا $\sin \theta c$ تكون أكبر من واحد وهذا غير ممكن.

6-1.5 الانكسار والعين Refraction and the Eye

الانكسار هو الظاهرة التي تجعل تكوين الصورة بالعين وأيضاً بالكاميرا ومجموعات العدسات الأخرى ممكنا. معظم الانكسار في العين يتم عند السطح الأول نظراً لأن الضوء سوف يقابل أكبر تغير في معامل الانكسار عند انتقاله من الهواء إلى القرنية. حوالي 80% من الانكسار يتم عند القرنية وحوالي 20% في العدسة البلورية الداخلية. في حين أن العدسة الداخلية تحدث الجزء الأصغر من الانكسار إلا أنها المصدر الكلى للقدرة على تكيف بؤرة العين لمشاهدة الأشياء القريبة. بالنسبة للعين الطبيعية، العدسة الداخلية يمكن أن تغير البعد البؤري الكلى للعين بحوالي من 7% إلى 8%. عيوب العين الشائعة، تسمى في الغالب، أخطاء الانكسار ويمكن إصلاحها عادة بعدسات تعويضية بسيطة نسبياً.

الجدير بالذكر أن الصور تتكون في الكاميرا بالانكسار بطريقة مماثلة لتلك التي تتكون بها في العين مع الاختلاف في التكيف لتصوير الأجسام القريبة.

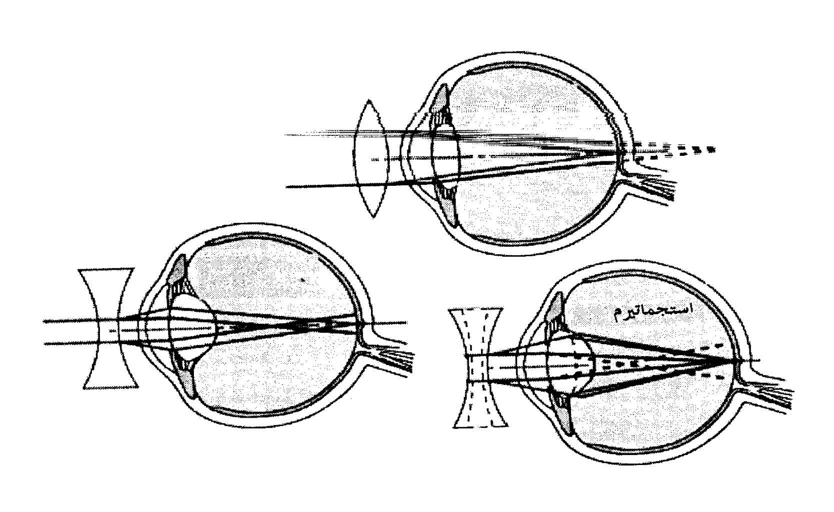


شكل (30) تركيب العين

2.5–1 قصر النظر

إذا تجمعت الأشعة المتوازية في بؤرة أمام الشبكية فإن الشخص يكون قريب النظر ويقال إنه مصاب بقصر النظر. لإصلاح هذا العيب توضع عدسة مفرقة أمام العين قصيرة النظر. إن العدسة المفرقة إذا وضعت أمام العين قصيرة النظر يمكنها أن تكون صوراً مركزة تركيزاً بؤرياً حاداً للأجسام البعيدة.

تعرف قوة أي عدسة بالديوبتر وهو مقلوب البعد البؤري بالأمتار. الرمز المستخدم لقوة العدسة هو P، ووحدة الديوبتر تختصر بالحرف d.



شكل (**31**) يبين عيوب الإبصار.

8-1.5 طول النظر

إذا تجمعت الأشعة المتوازية في مكان أبعد من الشبكية يسمى ذلك طول النظر. ويحدث ذلك العيب في الإبصار نتيجة لنقص انحناء القرنية، أو عدسة العين أو نقص في قطر كرة العين. ولإصلاح هذا العيب نستخدم عدسة لامة تزيد في تجمع الأشعة، مما يجعل الصورة تقع على شبكية العين فترى واضحة. ويظهر طول النظر أيضاً بالنسبة للنقطة القريبة فتصبح على مسافة من العين أكبر من **25cm**.

9-1.5 ضعف قدرة العين على التكيف

عندما يؤثر كبر السن على مرونة عدسة العين، ويصعب استجابتها للعضلات المتصلة بها تفقد العين قدرها على التكيف. فإذا لم تكن تعانى أصلاً من قصر النظر فإن نقطتها البعيدة تكون في ما لانهاية، بينما تحتاج لعدسة لامة

للقراءة. أما إذا كانت العين تعاني من قصر النظر بالإضافة إلى ضعف القدرة على التكيف، فإن العين تحتاج عندئذ إلى عدسة مفرقة عند النظر إلى أجسام أبعد من نقطتها البعيدة، وتحتاج أيضاً لعدسة لامة لرؤية الأجسام القريبة الموجودة على مسافات أقل من نقطتها القريبة. وتستخدم عادة في هذه الحالة عدسة مركبة ذات قوتين، الجزء العلوي منها عدسة مفرقة ينظر خلالها لرؤية الأجسام البعيدة، بينما جزؤها السفلي عدسة لامة ينظر خلالها عند القراءة.

10-1.5 الاستجماتيزم

ينشأ هذا العيب في الإبصار عند وجود عيب خلقي في تكور كرة العين، أو عندما يكون انحناء سطح القرنية غير منتظم، ينتج عن ذلك أن قوة العين تختلف بالنسبة للمستوى الأفقي عن المستوى الرأسي، أي أن بعض أجزاء الجسم ترى بوضوح، في حين أن الأجزاء الأخرى تظهر غير واضحة. إذا نظرت مثل هذه العين إلى خطين متعامدين في مستوى واحد، فإن صورة أحد الخطين لا تنطبق على صورة الخط الآخر. وواضح أن العين لا تستطيع التكيف بقوتين مختلفتين في وقت واحد لترى الخطين معا في وضوح. ولكن يمكن إصلاح عيب الاستجماتيزم باستخدام عدسة استيجماتيزمية، تعمل على تلاشي عدم التماثل في تكور القرنية، وتصبح قوة العين والعدسة مكافئة لمجموعة ذات قوة واحدة في الاتجاهين المتعامدين، أي أنه بواسطة العدسة الاستيجماتيزمية يمكن تعويض ما ينقص من انحناء قرنية العين، في المقطع الأفقي أو في المقطع الرأسي.

العدسة الأسطوانية هي مقطع في أسطوانة زجاجية، مواز للمحور ويمكن أن تكون موجبة أو سالبة. قوة العدسة الأسطوانية في اتجاه محور الأسطوانة تساوى صفرا، بينما تكون قوتها في الاتجاه العمودي على المحور هي:

$$F = R(\mu - 1)$$

حيث R انحناء السطح، μ معامل انكسار مادة العدسة. عندما يكون المقطع

الأفقي للقرنية أقل تحدبا من المقطع الرأسي، توضع العدسة الأسطوانية بحيث يكون محورها رأسيا، وبذلك يعوض انحناؤها ما ينقص من انحناء المقطع الأفقي للقرنية.

11-1.5 استقطاب الضوء Polarization of Light

مصادر الضوء العادية مثل الشمس، مصابيح الضوء الكهربائية تبعث ما يسمى بالضوء غير المستقطب. بعض المصادر الخاصة مثل أنواع معينة من أنابيب التفريغ والليزر، تنتج ضوءاً مستقطباً. الفرق بين النوعين من الضوء يحدث بسبب سلوك المجالات الكهرومغناطيسية التي يتكون منها الضوء. وكما وصفت معادلات ماكسويل، الضوء عبارة عن موجة مستعرضة مكونة من مجال كهربائي E وآخر مغناطيسي B، اهتزازات هذين المجالين تسبب انتشار المجالات في اتجاه معين بسرعة الضوء. في معظم الحالات اتجاهات المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي واتجاه انتشار الضوء تكون جميعها متعامدة بعضها على بعض. أي أن كلا المجالين B, E يهتز في اتجاه عمودي على اتجاه حركة الضوء وأيضا على كل منهما الآخر.

في البصريات، يعرف الاستقطاب عادة بدلالة اتجاه المجال الكهربائي، وبصرف النظر عن المجال المغناطيسي، حيث إنه دائما عمودي على المجال الكهربائي. إذا كان اتجاه اهتزاز المجال الكهربائي E ثابتاً يقال عن موجة الضوء إنها مستقطبة خطياً **Linearly**. توجد حالتان ممكنتان للاستقطاب الخطي، يكون المجال الكهربائي لكل منهما متعامداً على الآخر. أي زاوية أخرى للاستقطاب الخطي يمكن تكوينها كتراكب لهاتين الحالتين.

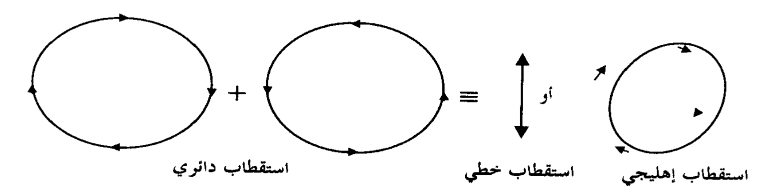
إذا كان اتجاه المجال الكهربائي E غير ثابت لكنه يدور مع انتشار الضوء، يقال إن الضوء مستقطب استقطاباً دائرياً، توجد حالتان مستقلتان من الاستقطاب الدائري يعبر عنهما بالاستقطاب اليساري والاستقطاب اليميني اعتماداً على ما إذا كان المجال الكهربائي يدور في عكس اتجاه أو في اتجاه عقارب الساعة على

التوالي، عند النظر إلى اتجاه انتشار الضوء. الاستقطاب الإهليجي يمكن أن يعتبر كاتحاد للاستقطاب الدائري والخطي.

إذا كان الضوء يتكون من عدد كبير من الموجات غير المترابطة، مع استقطاب يتغير عشوائيا، يقال عن الضوء أنه غير مستقطب. من الممكن تحويل الضوء غير المستقطب إلى ضوء مستقطب باستخدام مستقطب. ومثال على هذا الجهاز شريحة البولاريد وهي عبارة عن شريحة من البلاستيك ذات جزيئات مرتبة بطريقة معينة بحيث إنها تمتص أي ضوء يمر خلا لها يهتز مجاله الكهربائي في اتجاه معين. وهذا له تأثير الاستقطاب الخطى للضوء. بعض أجهزة أخرى يمكنها تقسيم الحزمة غير المستقطبة إلى حزمتين مستقطبتين استقطاباً خطياً يتعامد كل منهما على الآخر. هذه الأجهزة تتكون عادة من بعض ترتيبات المنشورات والطلاءات البصرية.

زاوية استقطاب الضوء المستقطب خطيا يمكن أن تدور باستخدام جهاز يعرف بلوح نصف الموجة. بالمثل، يمكن أن يتحول الاستقطاب الخطى إلى استقطاب دائري وبالعكس باستخدام لوح ربع الموجة. حالات الاستقطاب الممكنة يمكن تشكيلها إلى كرة.

في الكهربائية الساكنة الاستقطاب هو الاسم الذي يطلق على متجه المجال الناتج من عزم ثنائي القطب الدائم أو المستحث في المواد العازلة. متجه الاستقطاب **P** يعرف بعزم ثنائي القطب لكل وحدة حجم.



شكل (32) الاستقطاب الدائري والخطي والإهليجي.

زاوية بروستر Brewster's Angle

عندما ينعكس الضوء على سطح غير معدني، سوف يسقط الضوء المنعكس في مستوى السطح. درجة الاستقطاب تعتمد على الزاوية التي يسقط بها وعلى معاملي انكسار الهواء والوسط العاكس. وتسمى زاوية أقصى استقطاب بزاوية بروستر وتتحقق بالمعادلة :

$$\tan \theta_B = n_2/n_1$$

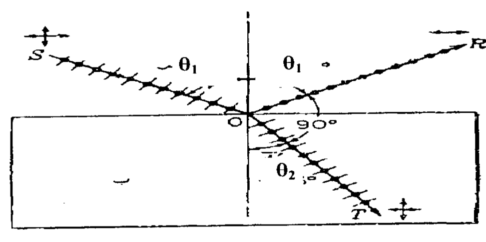
حيث n_2 معامل انكسار الوسط (مثلا الزجاج) و n_1 معامل انكسار الهواء. عند زاوية بروستر تكون الزاوية بين الشعاع المنعكس والشعاع المنكسر 90^o. نفرض أن شعاعا من الضوء سقط على سطح زجاجي مثلا بزاوية θ_1 (كما في الشكل)، سيوجد دائما شعاع منعكس وأخر منكسر، والشعاع المنعكس يكون مستقطباً استقطاباً جزئياً وأنه عند زاوية الاستقطاب يكون الشعاعان المنعكس والمنكسر متعامدين. وساعد هذا الاكتشاف على ربط الاستقطاب بمعامل الانكسار كما يلي:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = n$$

ونظراً لأن الزاوية $ROT = 90^o$ فإن $\sin\theta_2 = \cos\theta_1$ وهذا يؤدى إلى:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = n \qquad \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\sin \theta_1}{\cos \theta_1} = \tan \theta_1 = n$$

هذا هو قانون بروستر.

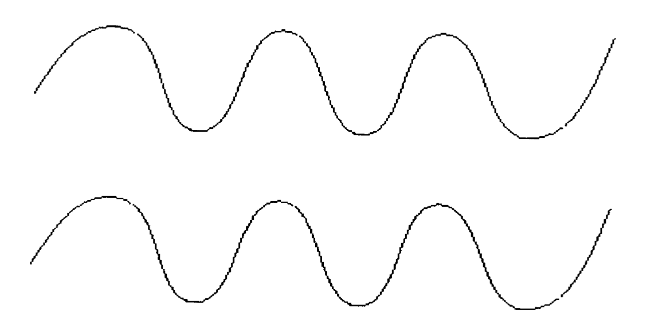


شكل (33) يبين زاوية بروستر.

12-1.5 التداخل Interference

يمكن لمجموعتين من الأمواج مثل الضوء أن يتحدا مع بعضهما البعض لإنتاج موجة محصلة. الطريقة التي تنتج عنها هذه الموجة المتحدة يطلق عليها التداخل.

الحقيقة بأن الضوء موجة يعنى أن الضوء يمكن أن يتداخل مع ضوء آخر وفى هذه الحالة يقوى أو يلاشى كل منهما الآخر. ويقال عن الموجتين اللتين لهما نفس الطول الموجي أهما في طور واحد. عندما تتطابق قمم وقيعان إحدى الموجتين مع قمم وقيعان الموجة الأخرى كما يتضح من الشكل (34) في هذه الحالة تكون سعة الموجة المحصلة ضعف سعة كل موجة على حدة ويقال عندئذ أن التداخل بناء. أما إذا انطبقت قمم إحدى الموجتين على قيعان الموجة الثانية يقال هنا أن الموجتين خارج الطور بالكامل كما في الشكل (35). في هذه الحالة تلاشى الموجتان كل منهما الأخرى ويكون التداخل هدمياً. عند نقطة في التداخل البناء تكون السعة المحصلة للموجتين نهاية عظمى، بينما عند نقطة في التداخل الهدمي تكون السعة المحصلة نهاية صغرى. بالطبع يمكن أن يتواجد لدينا أوضاع بين هاتين النهايتين.



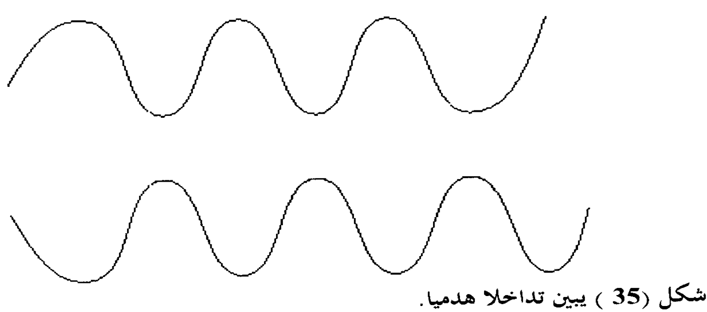
شكل (34) يبين تداخلا بناء.

إذا تحركت موجتان متماثلتان في الطول الموجي ومختلفتان في الطور بنفس السرعة مسافة r_1وr_2 على التوالي حيث، $r_1 > r_2$ فإن قمم إحدى الموجتين ستكون خلف قمم الأخرى بالمسافة $r_1 - r_2$. عندما تتحد الموجتان يكون شرط حدوث التداخل البناء هو:

$$r_1 - r_2 = m\lambda$$

حيث : $m = 1,2 \ldots$

وشرط التداخل الهدمي $r_1 - r_2 = (m+1/2)\lambda$



شكل (35) يبين تداخلا هدميا.

13-1.5 تجربة ينج مزدوجة الشق

Young's Double Slits Experiments

هذه التجربة مثال كلاسيكي لتأثيرات تداخل موجات الضوء:

شعاعان ضوئيان يمران خلال شقين تفصلهما مسافة d ويصدمان حاجزاً على بعد مسافة Lمن الشقين كما هو واضح من الشكل (36). إذا كان $d \ll L$، يكون الفرق في المسار$r_1 - r_2$ المقطوع بالشعاعين تقريباً

$$r_1 - r_2 \approx d \sin \theta$$

حيث الزاوية θ تساوى تقريباً الزاوية التي تصنعها الأشعة بالنسبة للخط العمودي الواصل بين الشقين والحاجز.

إذا كانت الأشعة في نفس الطور عند مرورها من الشقين يكون شرط التداخل البناء عند الحاجز هو:

$$d \sin \theta = m\lambda$$

$m = \pm 1, \pm 2, ...$ بينما يكون شرط التداخل الهدمي عند الحاجز هو:

$$d \sin \theta = (m+1/2) \lambda$$

$m = \pm 1, \pm 2, ...$

تظهر النقط في التداخل البناء كأشرطة مضيئة بينما تظهر في التداخل الهدمي أشرطة مظلمة.

في حالة أن y المسافة من هدبة تداخل إلى نقطة على الحاجز المقابل لمركز الشق (كما في شكل 36) أقل بكثير من L ‏[y<<L] يمكن استخدام الصيغة المقربة $\approx y/L$ ‏$\sin \theta$. لذلك الصيغ التي تحدد المحاور y للبقع المضيئة و المظلمة هي على الترتيب.

بقع مضيئة $\quad y^B_m = m\lambda L/d$

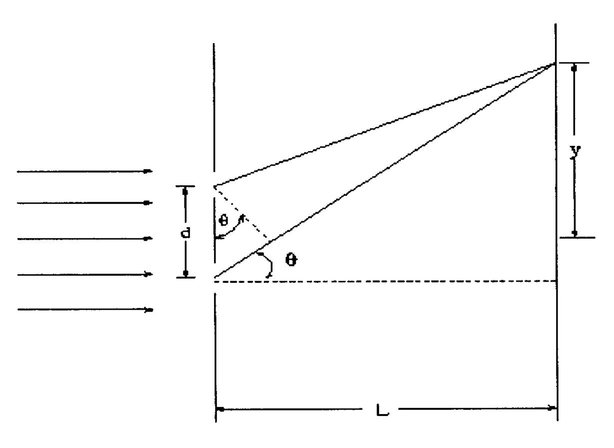
بقع مظلمة $\quad y^B_m = (m + ½)\lambda L/d$

والفاصل بين البقع المظلمة هو:

$$\Delta y = \lambda L/d$$

إذا كانت d<<L، في هذه الحالة يمكن أن يكون الفاصل بين التداخل كبيراً حتى إذا كان الطول الموجي للضوء صغيراً جداً. (كما في حالة الضوء المرئي). هذا يعطي طريقة (غير مباشرة) لقياس الطول الموجي للضوء.

الصيغ السابقة تفترض أن عرض الشق صغير جداً مقارنة بالطول الموجي للضوء، لذلك تبدو الشقوق وكأنها مصادر نقطية للضوء.



شكل (36) تجربة ينج ذات الشق المزدوج.

14-1.5 الحيود Diffraction

الحيود هو الانحناء الظاهر لموجات الضوء حول الحواجز في مسارها كما في شكل (37). وهذا الانحناء هو نتيجة لقاعدة هيجنز التي تنص على أن كل النقط على جبهة الموجة تعمل كما لو كانت مصادر نقطية. لذا، عندما تأتي موجة مقابل حامل به فتحة صغيرة، كل المصادر النقطية المؤثرة، ما عدا مصدر نقطي واحد سوف تحجز . الضوء القادم خلال الفتحة يبدو وكأنه مصدر نقطي واحد، بحيث يمر الضوء في كل الاتجاهات بدلا من المرور في خط مستقيم تماما خلال الشق.

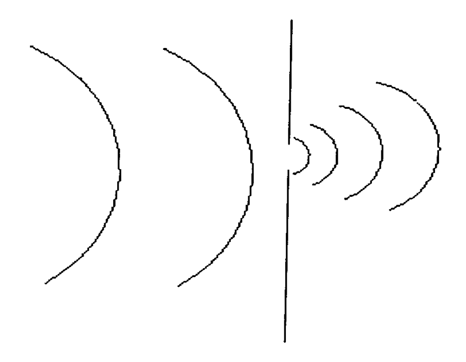
لكي يحدث الحيود يجب أن يكون عرض الفتحة من نفس رتبة أو أقل من الطول الموجي للضوء المستخدم. ويحد الحيود من قوة تكبير الميكروسكوبات وأجهزة التكبير الأخرى. إذا كان الجسم المشاهد أصغر من الطول الموجي للضوء المستخدم عندئذ يحيد الضوء حول الجسم ويشوه الصورة بشكل كبير. لذلك الميكروسكوبات التى تستخدم الضوء المرئي لها قوة تحليل حوالي فقط $= 600nm$

$10^{-6}m$، في حين أشـــعة X ذات الطــول المــوجي حــوالي $10^{-10}m = 0.1nm$ قــوة تحليلها أصغر بمقدار أربعة أمثال.

ما الفرق بين التداخل والحيود؟

الإجابة على هذا السؤال سهلة وبسيطة حيـــث إن كـــلا منـــهما يمثـــل نفـــس الظاهرة الفيزيائية لتراكب وانحناء الأمواج الـــتي تتلاقـــى في نفـــس الوقـــت في نفـــس النقطة في الفراغ. والنتائج النهائية للتراكب هـــي إمـــا تقويـــة أو إضـــعاف الأمـــواج. ولكن التداخل والحيود يعودان إلى التركيبات التجريبية المختلفة كما يلي:

عدد الشقوق	الاسم
شق واحد	حيود
شقان	تداخل
عدد N من الشقوق	حيود
حرف حاد	حيود



شكل (37) يبين حيود الموجات خلال شق.

أمثلة من الحياة اليومية عن التداخل الضوئي:

Every day Examples of Optical Interference

إذا تطلعت يوماً ما إلى الألوان المنعكسة من بقعة زيت تطفو على سطح الماء أو المنعكسة من جانب فقاعة صابون سابحة في الهواء فإنك ستدرك أن هذا تداخل ضوئي من غشاء رقيق. شعاع الشمس الذي ينفذ إلى غشاء الزيت سينعكس عند السطح الفاصل بين الزيت والهواء وكذلك بين السطح الفاصل بين الماء والزيت، وترى عينك الموجتين المنعكستين ويحدث التداخل البناء فقط إذا كانت المسافتان المقطوعتان من قبل الموجتين مختلفتين بعدد صحيح من الأطوال الموجية.

وتطبق نفس الفكرة أيضا على فقاعة الصابون باستثناء أن الضوء ينعكس في هذه الحالة من السطحين الداخلي والخارجي للفقاعة. وتوجد أنواع عديدة من الصور والمواد اللاصقة الجميلة التي تسحر عين الناظر إليها بسبب تغير ألوانها عند اختلاف زاوية النظر إليها. وهذا يحدث بسبب أن هذه الأشياء بها حزوزات مختلفة وأن الضوء القادم من هذه المحزوزات إلى شبكية العين يسلك مسارات مختلفة، لذلك فهو يتداخل بشكل بناء أو هدمي اعتمادا على طول موجته. وتصنع المصوغات في بعض الأحيان من محزوزات حيود لتعطى ألوانا مختلفة تضفي منظراً ساحرا لهذه المصوغات.

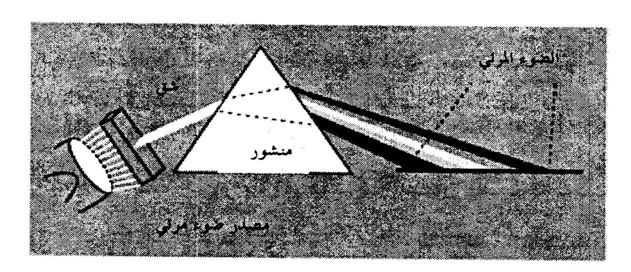
15-1.5 التفريق Dispersion

سرعة الضوء في المادة ومن ثم معامل انكساره، يعتمدان على الطول الموجي للضوء. عموما، معامل الانكسار **n** يتغير عكسياً مع الطول الموجي ويكون كبيرا في حالة الأطوال الموجية القصيرة، هذا يجعل الضوء ينكسر داخل المواد بكميات متفاوتة تبعا للطول الموجي (أو اللون). وهذا هو سبب رؤية الألوان خلال المنشور. ويظهر في قوس قزح **Rainbow** بسبب كل من التفريق داخل قطرة المطر والانعكاس الكلى الداخلي للضوء من خلف قطرات المطر.

يبين جدول (12) معامل انكسار بعض الأطوال الموجية في الزجاج

اللون	الطول الموجي نانومتر	معامل الانكسار
الأزرق	434	1.528
الأصفر	550	1.517
الأحمر	700	1.510

عموماً، الأطوال الموجية الأقصر (الضوء في اتجاه النهاية الزرقاء للطيف) معاملات انكسارها أكبر وتنحنى أكثر من الضوء ذي الأطوال الموجية الأطول (في اتجاه النهاية الحمراء).



شكل (38) يبين تفريق الضوء خلال منشور.

2.5 طاقات الأطوال الموجية للإشعاع الكهرومغناطيسى

الأشعة الكهرومغناطيسية لها مناطق مختلفة تبدأ من أشعة جاما، أشعة X، فوق البنفسجية، الضوء المرئي، تحت الحمراء حتى موجة الراديو بالترتيب من الطول الموجي الأقصر.

1-2.5 أشعة جاما Gamma Rays

أشعة γ جزء من الأشعة الكهرومغناطيسية تنبعث من النواة كجزء من العمليات

المشعة (النشاط الإشعاعي)، وتنبعث على سبيل المثال من ذرات نظير الكوبالت 60المستخدمة في أجهزة العلاج الإشعاعي، وفى التطبيقات الصناعية ولها قدرة اختراق عالية.

بالنسبة لتفاعلها مع المواد، أشعة جاما، أشعة مؤينة تسبب تأثيرات فسيولوجية - لا تظهر عند التعرض للأشعة غير المؤينة - مثل مخاطر الطفرات وسرطانات الأنسجة. ويمكن أن تمر أشعة γ خلال الجسم البشرى ولكن غالباً ما تمتص بسمك من الخرسانة مقداره مترا واحدا.

التردد	أكثر من 10^{20} هرتز
الطول الموجي	أقل من 10^{-12}متر
الطاقة	أكبر من 1 مليون إلكترون فولت

2-2.5 أشعة X

هي أشعة كهرومغناطيسية، الأطوال الموجية القصيرة منها تصل إلى حد تأين العديد من الجزيئات. وبعد فترة وجيزة من اكتشافها استخدمت هذه الأشعة في التشخيص الطبي لتصوير العظام المكسورة. أشعة X أشعة كهرومغناطيسية عالية التردد تنتج عندما تكبح الإلكترونات فجأة، ويطلق على هذه الإشعاعات، الإشعاعات المكبوحة **Brehmsstrahlung Radiation** أو أشعة الفرملة (كابحة) **Braking Radiation**. وتنتج أشعة X أيضاً عندما يحدث انتقال إلكتروني بين مستويات الطاقة المنخفضة في العناصر الثقيلة. وتمتلك أشعة X الناتجة بهذه الطريقة طاقات محددة تماماً مثل الأطياف الخطية الأخرى من الإلكترونات الذرية، ويطلق عليها أشعة X المميزة نظراً لأنها تمتلك طاقات تحددها مستويات طاقة ذرية. بالنسبة لتفاعلها مع المواد فهي أشعة مؤينة وتسبب تأثيرات فسيولوجية لا تلاحظ في حالة الأشعة غير المؤينة مثل طفرات وسرطانات الأنسجة. تتميز هذه الأشعة بقدرة اختراق محدودة ويتم الحصول على أشعة X

المستخدمة في الفحوص الطبية بقذف أهـداف مـن التنجستن بواسطة إلكترونات عالية الطاقة لتوليد الأشعة التي تركز في حزمة وتوجه إلى المكان المراد فحصه.

التردد	أعلى من 3×10^{16} هرتز
الطول الموجي	أقل من 10 نانومتر
الطاقة	أكبر من 124 إلكترون فولت

3-2.5 الأشعة فوق البنفسجية Ultra Violet Radiation

تقع منطقة الأشعة فوق البنفسجية بعد منطقة الضوء المرئي من جهة الطول الموجي القصير(من جهة اللون البنفسجي). وتمتص معظم المواد وأيضاً الهواء الأطوال الموجية القصيرة منها. تصل الموجات القصيرة إلى طاقة تأين بعض الجزيئات، لذا فإن الأشعة فوق البنفسجية البعيدة عن الضوء المرئي تسبب بعض الإتلاف الملازم للأشعة المؤينة الأخرى. ويشمل تأثير الأشعة فوق البنفسجية المؤينة على الأنسجة، حروق الشمس. وقد يكون لها بعض التأثيرات العلاجية. والشمس هي المصدر القوى لها، ولكن الجو يمتص بشدة الأطوال الموجية القصيرة منها. والعيون عندها قابلية للتلف من الأشعة فوق البنفسجية. ويجب على عمال اللحام لبس دروع واقية لعيوهم لأن كمية الأشعة فوق البنفسجية من أقواس اللحام تلحق بالعين التهاباً شديداً. والعمى الثلجي مثال آخر على التهاب الأشعة فوق البنفسجية والثلج يعكس UV بينما معظم المواد الأخرى تمتصها.

التردد	$3 \times 10^{16} - 7.5 \times 10^{14}$ هرتز
الطول الموجي	10– 400 نانومتر
الطاقة	124-3.1 إلكترون فولت

4-2.5 الضوء المرئي Visible Light

الضوء المرئي جزء صغير من الطيف الكهرومغناطيسي يناظر الأطوال الموجية القريبة من قمة منحنى أشعة الشمس. في التفاعل مع المادة يعمل الضوء المرئي على رفع الإلكترونات العالية إلى مستويات طاقة أعلى. وينفصل الضوء المنبعث إلى ألوانه الطيفية بالتفريق في المنشور. يمتد الطول الموجي للضوء المرئي من 400 إلى 750 نانومتر بتردد من $4 - 7.5x10^{14}$ هرتز وطاقة من $1.65 - 3.1$ إلكترون فولت.

الألوان الطيفية Spectral Colors

نرى في قوس قزح أوفى حالة فصل الأطوال الموجية بالمنشور مدى مستمرًا من الألوان الطيفية (الطيف المرئي). ويتكون اللون الطيفي من طول موجي واحد ويمكن ربطه بالطول الموجي كما هو موضح في الجدول (مجرد إرشاد وليس دقيق). ليزر الهليوم – نيون (لون أحمر 632 نانومتر)، أو أن الانتقال 3–2 من طيف الهيدروجين يكون أحمر (656 نانومتر) لأنها تقع في مدى الطول الموجي المناسب. لكن معظم الأجسام الملونة تعطى مدى من الأطوال الموجية وخصائص اللون أكثر بكثير من تغير الطول الموجي.

اللون Color

من السائد عملياً أن اللون يعرف بدلالة الأطوال الموجية للضوء كما هو موضح. وهذا ينطبق جيداً على الألوان الطيفية، لكن قد وجد أن كثيراً من الامتزاجات المختلفة للأطوال الموجية للضوء قد تنتج نفس اللون المحسوس.

الطول الموجى الأقل							الطول الموجى الأعلى
فوق البنفسجي	بنفسجي	نيلي	أخضر	أصفر	برتقالي	أحمر	تحت الحمراء

جدول (13) الألوان وأطوالها الموجية وترددالها ومدى طاقالها.

اللون	الطول الموجي نانومتر	التردد 10^{14}هرتز	الطاقة 10^{-19}جول
البنفسجي	460-400	6.5-7.5	4.5-5.0
النيلي	475-460	6.3-6.5	4.2-4.3
الأزرق	490-475	6.1-6.3	4.1-4.2
الأخضر	565-490	5.3-6.1	3.5-4.1
الأصفر	575-565	5.2-5.3	3.45-3.5
البرتقالي	600-575	5.0-5.2	3.5-3.45
الأحمر	800-600	3.7-5.0	2.5-3.3

اللون في المركبات Colour in Compounds

منطقة الضوء المرئي هي الجزء من الطيف الكهرومغناطيسي الواقع بين الأطوال الموجية 400nm - 750nm.الموجات الضوئية المحدودة بهذه الأطوال الموجية تظهر ملونة للعين البشرية، عندما يرى أي فرد الضوء المتفرق من منشور أو من تأثير التفريق من قوس قزح يعلم أن إحدى نهايتي هذا الطيف المرئي بنفسجية والأخرى حمراء، فالضوء ذو الطول الموجي القريب من 400nm يكون بنفسجي اللون بينما الضوء في الأطوال الموجية 750nm يكون أحمر. وجدول (14) يوضح العلاقة بين لون الضوء الممتص بالمركب وضوء المركب المنظور.

إذا امتصت مادة الضوء المرئي، فإنها تبدو ملونة وإذا لم يحدث ذلك فإنها تبدو بيضاء. المركبات التي تمتص الضوء في المنطقة المرئية من الطيف لا تظهر اللون المقابل للطول الموجي للضوء الممتص، لكن توجد علاقة بين اللون الملحوظ واللون الممتص. عندما نلاحظ الضوء المنبعث من مصدر ضوئي مثل المصباح أو من طيف انبعاث فإننا نلاحظ اللون المقابل للطول الموجي للضوء المنبعث. مصدر الضوء الذي يبعث ضوءاً بنفسجياً يبعث ضوءاً عند النهاية الأعلى لطاقة الطيف المرئي. مصدر الضوء الذي يبعث ضوءا أحمر يبعث ضوءاً عند النهاية الصغرى لطاقة الطيف.

جدول (14): يبين العلاقة بين لون الضوء الممتص بالمركب وضوء المركب المنظور.

لون الضوء الممتص	الطول الموجي للضوء الممتص nm	اللون المنظور
بنفسجي	400	أصفر
أزرق	450	برتقالي
أزرق-أخضر	500	أحمر
أصفر-أخضر	530	أحمر-بنفسجي
أصفر	550	بنفسجي
برتقالي-أحمر	600	أزرق-أخضر
أحمر	700	أخضر

عندما نرى لون جسم معين أو مادة فإننا لا نرى الجسم أو المادة تبعث ضوءاً ولكن نرى الضوء المنعكس. واللون الذي تراه أعيننا ليس اللون المقابل للطول الموجي للضوء الممتص لكن يكون المكمل له. عندما يسقط ضوء أبيض على جسم فإن هذا الجسم سوف يمتص ضوءا ذا طول موجي معين والباقي من الضوء ينعكس. العين والمخ يسجلان كل الضوء المنعكس كلون مكمل للون الذي امتص. في حالة الأجسام الشفافة أو المحاليل تستقبل العين الضوء النافذ منها. وهنا يمتص ضوء ذو طول موجي معين والضوء الباقي يمر خلال المادة ليصل العين. وكما سبق تسجل العين هذا الضوء النافذ كلون مكمل للضوء الممتص.

كيف ترى العين الضوء

ترى العين الضوء المنظور لأن الصبغة في الخلايا المستقبلة في شبكية العين تمتص الضوء ومن ثم تنبه المخ خلال سلسلة من الأحداث الكهربائية والكيميائية. نحن نعرف أن الضوء المرئي ينفذ إلى الخلايا العميقة من أنسجة الجسم. إذا ضغطنا وميض الضوء اتجاه راحة اليد فسوف نرى البريق الأحمر في الجهة الأخرى من اليد. يمتص الكلوروفيل في النباتات الخضراء الأطوال الموجية عند نهايتي الطيف

المرئي ويعكس الباقي ولذا نراه أخضر. الخلايا الشفافة للضوء المنظور تظهر غير ملونة والضوء النافذ خلالها ليس له تأثير. وتأثير كمية طاقة الأشعة الممتصة من الأجزاء المختلفة من الطيف على الخلايا يعتمد جزئياً على الطاقة المحتواة في كل جزء. ونتذكر أنه كلما قل الطول الموجي زادت الطاقة. فمثلاً طاقات الأشعة تحت الحمراء المنخفضة تغير مستويات الطاقة الدورانية المثارة (الحالات الدورانية والتذبذبية المنخفضة) ولكنها لا تستطيع إحداث تكسير كيميائي ضوئي من النوع الذى تحدثه أشعة UVB, UVC والتي تؤثر في المستويات المثارة الأعلى للجزيء (الحالات التذبذبية الأعلى والإلكترونية المثارة).

5-2.5 تحت الحمراء Infrared

اصطلاح أو تعبير تحت الحمراء يقصد به مدى عريض من الترددات يبدأ من النهاية العليا لتلك الترددات المستخدمة في الاتصالات وتمتد حتى النهاية الصغرى لتردد (اللون الأحمر) للطيف المرئي. ويبدأ من الطول الموجي حوالي واحد ملليمتر حتى 750 نانومتر. ويطلق على الجزء القريب من الضوء المرئي تحت الحمراء القريبة، وجزء الأطوال الموجية الأعلى تحت الحمراء البعيدة.

طاقة كم فوتونات تحت الحمراء تتراوح بين 0.001 إلى 1.7 إلكترون فولت وهى في نفس مدى الطاقات الفاصلة للحالات الكمية للتذبذبات الجزيئية. وتمتص تحت الحمراء بشدة أكثر من الموجات الميكرونية وبشدة أقل كثيرا من الضوء المرئي. وينتج عن امتصاص تحت الحمراء تسخين الأنسجة نظرا لأنها تزيد نشاط التذبذبات الجزيئية. وتنفذ الأشعة تحت الحمراء من الجلد أكثر من الضوء المرئي، وهكذا يمكن استخدامها في التصوير الفوتوغرافي للأوعية الدموية تحت الجلد.

أشعة تيراهيرتز Terahertz Radiation

أشعة تيراهيرتز، 10^{12} هيرتـــز أي أن ترددهـــا يســـاوى 10^{12} دورة في الثانيـــة ويطلق عليها فجوة تيراهيرتز– وأيضـــاً أشـــعة تي – هـــي أشـــعة كهرومغناطيسيـــة تقـــع في المدى من 10^{12} x 3– 10^{11} هيرتز مـــن الطيـــف الكهرومغناطيســـي، يقـــع الحد الأول لها فوق منطقة الموجات الميكرونية تمامـــاً حيـــث تعمـــل أطبـــاق الأقمـــار الصناعية والتليفونات المحمولة، ويقع الحد الأعلى بجوار ترددات تحـــت الحمـــراء الـــتي تستخدم في بعض الأجهزة مثل أجهزة الـــتحكم عـــن بعـــد للتليفزيـــون. أشـــعة تي لا ترى بالعين المجردة، ولم ينتبه الباحثون لفجـــوة تيراهيرتـــز أو أشـــعة تي إلا منـــذ فتـــرة قصيرة جداً وذلك بسبب ضعف شدتها ولعـــدم وجـــود وســـائل حساســـة للكشـــف عنها. وتتولد أشعة تي من التذبذبات الجزيئية لأي جســـم (مـــا لم يكـــن عنـــد درجـــة الصفر المطلق) في أي بيئة. معدل انتشارها يجعلها تعمل مثـــل هجـــين مـــن الانبعاثـــات الراديوية والضوئية، اعتمادا على مكانها – عند النهاية المنخفضـــة مـــن الطيـــف يطلـــق على أشعة تي، الموجـــات المليمتريـــة ويكـــون ســـلوكها مشـــابها لســـلوك موجـــات الراديو. وعندما تثار عند ترددات أعلى فإنها تتميز بانبعاثات شـــبه ضـــوئية ممـــا يعـــنى أنها تعمل كاتحاد طاقة موجية (راديو – ضوئية)، موضـــحة خواصـــا معينـــة لكليهمـــا. على سبيل المثال، تشـــبه موجـــات الراديـــو في كونهـــا تنبعـــث في نبضـــات ويمكنـــها الانتشار بسهولة خلال معظم المواد الصلبة، وعلـــى الجانـــب الآخـــر يمكـــن تركيزهـــا أيضا بنفس الطرق المستخدمة لتركيز الضوء.

وتشبه أشعة تي الأشعة السينية في خصائص النفاذيـــة – فهـــي تمتلـــك القـــدرة على النفاذ خلال معظم المواد – ما عـــدا المـــاء والفلـــزات. ويمكـــن تركيزهـــا مثـــل الضوء لتكوين صورة للجسم الذي تتخلله. وتستخدم لتكوين صـــور طبيعيـــة فريـــدة للأنماط التذبذبية والدورانية للجزيئات التي تصطدم بهـــا. لـــذلك فهـــي تميـــز بكفـــاءة مكونات عدد كبير من المواد المتجانسة ظاهريا عنـــد المـــرور خلالهـــا. هـــذه الأشـــعة المكتشفة حديثا غير مؤينة وتنبعـــث مـــن الأجســـام الحيـــة وغـــير الحيـــة. موجـــات تيراهيرتز – على خلاف الضوء – قادرة علـــى الانتشـــار خـــلال الســـحب والـــدخان

وتعطيها هذه الخاصية ميزة فعالة في قياسات معينة في الاستشعار عن بعد. من وجهة النظر العملية هي قادرة أيضا على المرور خلال النوافذ والورق والملابس وحتى في بعض الظروف الحوائط.

أهم مميزاها التي جعلتها تستخدم في المجالات الطبية هي:

1- ذات طاقة فوتونية منخفضة (4 mev) عند واحد تيراهيرتز، هذه الطاقة المنخفضة لا تسبب تأينًا فوتونيًاضارًا للأنسجة البيولوجية.

2- عند ترددات تيراهيرتز، العديد من الجزيئات العضوية يظهر امتصاصا قويا نتيجة الانتقالات التذبذبية والدورانية. هذه الانتقالات صفة خاصة بالجزيئات وتعتبر بصمة مميزة لها.

6-2.5 الموجات الميلليمترية والتليمترية

Milli Meter W ıves, Telemetry

يستخدم المدى من 30 – 300GHz في أغراض عملية متنوعة من الاتصالات الحكومية وأيضا للهواة.

التردد	30 – 300 GHz
الطول الموجي	1 – 10 mm
الطاقة الكمية	$0.12x10^{-2}$ – $0.12x10^{-3}$eV

والجدير بالذكر أن أشعة تيراهيرتز أو أشعة تى تقع في المدى – 10^{11} $3x10^{12}$ هيرتز من الطيف الكهرومغناطيسي ويطلق على الحد الأدنى من التردد الموجات الملليمترية ، ويكون سلوكها عند هذا الحد مشابها لسلوك موجات الراديو.

7-2.5 الميكروويـــف Microwave

تقـع معظـم تطبيقـات الموجـات الميكرونيـة في المـدى مـن 3000 - 30000MHz. أفران الميكروويف المعروفة في الوقـت الحاضـر تعمـل عنـد التـردد الاعتيادي 2450MHz. بينما يوجد بعض نطـق رادار المـرور في المـدى مـن 1300 - 1600MHz. يوجد أيضاً بعض استخدامات الهـواة والملاحـة الراديويـة في المـدى من 30GHz - 3. في تفاعلها مـع المـادة، تعمـل علـى دوران ولي الجزيئـات مما يساعد على تسخين المادة. وتنتج الموجات الميكرونية المسـتخدمة في الأفـران وبعـض الرادارات من المجنترون.

التردد	30 – 1.6 GHz
الطول الموجي	10 – 187 mm
الطاقة الكمية	$0.12x10^{-3} – 0.66x10^{-5}eV$

8-2.5 موجات الراديو Radio Waves

الاتصالات الراديوية Radiocommunication

يطلق على موجـة RF الـتي تسـتخدم في الاتصـالات الراديويـة بالموجـات الحاملة. المعلومات التي تحملها مثل الكلام، بيانات الحاسـب... إلخ ينبغـي أن تضـاف إلى الموجة الحاملة بطريقـة مـا، وهـي عمليـة تعـرف بالتضـمين Modulation. المعلومات يمكن أن تنقل بشكل تمـاثلي أو رقمـي Analogue or Digital. علـى سبيل المثال الإشارة الكهربائية من الميكروفون الناتجة مـن الكـلام أو الموسـيقى هـي إشارة تماثلية عند ترددات حتى حوالي 15KHz. لذلك تـتغير الإشـارة بوضـوح مـع الزمن في مدى قليل من الميكروثانية μs وهو واحد مـن المليـون مـن الثانيـة. عنـد زمن معين يجب أن يكون لها أي قيمة في حدود مدى كبير. لـذلك إذا أرسـلت هـذه الإشارة بإرسال تماثلي يتناسب حجم أو سعة موجة RF الحاملة عنـد أي لحظـة مـع حجم إشارة التضمين AM الكهربائية عند هذه اللحظة (وهذا هـو مـا يطلـق عليـه

تضمين السعة). المعلومات يمكن أن ترسل أيضاً في شكل أرقام. في هذه الحالة يستخدم عدد قليل من الرموز. اللغة المطبوعة مثال على المعلومات الرقمية بما أنها تستخدم فقط الحروف الأبجدية. شفرة مورس Morse Code هي مثال آخر يستخدم فقط رمزين، هما النقط والشرط، لذا يطلق عليه النظام الثنائي Binary.

نطاق L- لاتصالات الأقمار الصناعية

L – Band For Satellite Communicator

يصنف المدى من 1550MHz – 390 من التردد الراديوى فوق العالي كنطاق-L, L -Band ويستخدم لاتصالات الأقمار الصناعية.

النطاق الراداياوى FM & TV

TV and FM R::dio Band

تغطى الترددات الحاملة لقنوات التليفزيون (VHF) 4–2، المدى من54–72MHz. يوجد نطاق من 72–76MHz مخصص للخدمات الحكومية وغير الحكومية، تشمل منار الطائرات العياري عند 75 MHz. قنوات 5 & 6 (VHF) TV توجد بين 76–88 MHz. نطاق الراديو FM يكون من 88 – 108MHz بين قنوات التليفزيون (VHF) 6 & 7.

التردد	54 – 1600MHz
الأطوال الموجية	5.55 – 0.187m
الطاقات الكمية	$.22x10^{-6}$ $0.66x10^{-5}$eV

الموجات القصيرة Short Wave

يطلق على الترددات من الحد الأعلى للنطاق AM إلى الحد الأدنى

لنطـــاق التليفزيــــون VHF مـــدى الموجـــة القصـــيرة، والمـــدى مـــن – 54MHz 1605KHz لـــه اســـتخدامات متعـــددة في الاتصـــالات. 1605KHz – 30MHz تستخدم في راديو الهواة وراديو الحكومة والموجة القصيــــرة الدوليــــة والإذاعـــة والاتصـــالات الثابتـــة والمتحركـــة. 50MHz – 30 تشمـــــــل الاتصـــالات الحكوميـــة وغير الحكوميـــة الثابتـــة والمتحركـــة وتشـــمل خـــدمات البـــوليس والمطافي وخطوط السكك الحديدية والطرق السريعة. 50-54 MHz الهواة.

الطول الموجي	5.55m–137m
الترددات	54MHz–1605MHz
الطاقة الكمية	$0.22x10^{-6}$–$0.66x10^{-8}$eV

نطاق الراديو AM (سعة التضمين) AM Radio Band

ترددات الراديو AM (سعة التضمـــين) تكون في مـــدى التـــردد 535–1605 كيلو هرتز (KHz). تستخدم الترددات 30–535 كيلو هرتز في الاتصـــالات البحريـــة والملاحة الجوية.

الترددات من	500-1500KHz
الأطوال الموجية من	600 – 200m
الطاقات الكمية من	2 – 6 x 10^{-9} ev

3.5 امتصاص وانبعاث الأشعة الكهرومغناطيسية

Absorption and Emission of Electromagnetic Radiation

يجب علينا أولاً لكي نفهـــم كيـــف تمـــتص أو تبعـــث الجزيئـــات والـــذرات الأشعة الكهرومغناطيسية إعطـــاء فكـــرة مبســـطة عـــن نمـــوذج بـــوهر في التركيـــب الذرى.

حاول بوهر وضع نموذج متكامل للتركيب الذرى عام 1913م.

استخدم بوهر في نموذجه الجديد نظرية رذرفورد في النواة الذرية، أفكار ماكس بلانك في تكمية الإشعاع وفوتونات إينشتين. ولقد افترض بوهر ما يلي:

1- أن إلكترون ذرة الهيدروجين يدور حول النواة (وهى بروتون) في مدار دائري تحت تأثير قوة كولوم الكهربائية. ويحقق الإلكترون في دورانه قوانين الميكانيكا الكلاسيكية (قوانين نيوتن).

2- يمكن أن يتواجد الإلكترون في مدارات دائرية معينة فقط. إن هذا الفرض عبارة عن قيد على كمية حركة الإلكترون وسوف نجد أن هذا يؤدى لتكميم طاقة الإلكترون.

3- تكون طاقة الإلكترون في مداره المسموح مقداراً ثابتاً. إن هذا يعنى أن الإلكترون وأثناء دورانه حول النواة لا يصدر إشعاعاً كهرومغناطيسياً. وهذا يعنى أن الإلكترون لا يحقق بعض قوانين النظرية الكهرومغناطيسية وعلى الخصوص القانون الذي يفترض أن الجسيمات المشحونة المتسارعة تصدر إشعاعاً كهرومغناطيسياً يتناسب مع مربع تسارعها.

4- يمكن أن تتغير طاقة الإلكترون عند انتقاله من مدار مسموح لآخر.

تبعاً لبوهر، يمكن أن تتواجد الجزيئات أو الذرات دون تغير في طاقاتها، (أي دون امتصاص أو انبعاث طاقة)، فقط في حالات معينة مستقرة. وطاقات هذه الحالات تأخذ قيما محددة فقط E_1، E_2،...، E_n وتعرف بنظام مستويات الطاقة.

عندما تمتص أو تبعث الجزيئات أو الذرات جزءا من الطاقة ΔE فإنها تقفز من مستوى طاقة مستقر إلى مستوى آخر وتساوى الطاقة الممتصة أو المنبعثة ($h\upsilon$) التغير ΔE في أنظمة الطاقة. إذن امتصاص أو انبعاث الطاقة يحدث فقط عندما تكون الطاقة الممتصة أو المنبعثة مساوية الفرق في الطاقة بين المستويين.

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h\upsilon = hC/\lambda \qquad (8.5)$$

$$\upsilon = (E_2 - E_1)/h \qquad (9.5)$$

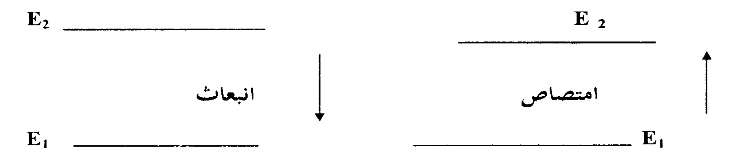
حيث C سرعة الضوء

λ الطول الموجي

υ التردد

h ثابت بلانك ويساوى 6.626×10^{-34} جول ثانية

إذا كان الجزيء عند مستوى الطاقة E_1 فيمكن إثارته إلى مستوى طاقة E_2 إذا امتص أشعة كهرومغناطيسية ترددها $\Delta E/h$، أما إذا انتقل الجزيء من مستوى الطاقة E_2 إلى مستوى طاقة أقل E_1، فإنه يبعث أشعة كهرومغناطيسية ترددها أيضاً $\Delta E/h$



بالتعويض عن C, υ, h بقيمها العددية في المعادلة (8.5) نحصل على

$$\Delta E \approx 1200001/\lambda \approx 120000\,\bar{\upsilon} \qquad (10.5)$$

حيث إن ΔE معرفة بالكيلوجول لكل جزيء و λ بالنانومتر، $1/\lambda = \bar{\upsilon}\ (cm^{-1})$ هي العدد الموجي وفى علم الطيف يطلق عليها عادة التردد. توجد علاقة خطية بين العدد الموجي والطاقة الإشعاعية.

حيث $1\ cm^{-1}$ يكافئ

$$\begin{aligned} E &= [6.62\times10^{-27}(ergs)]\,[3\times10^{10}(cm/s)]\,[1(1/cm)] \\ &= 1.9\times10^{-16}(erg/molecule) \\ &= 1.99\times10^{-23}(joule/molecule) \\ &= 2.86(cal/mole) \end{aligned}$$

$= 1.24 \times 10^{-4}$(eV/molecule)

في التحويلات السابقة تستخدم العوامل التالية:

$$1(\text{erg/molecule}) = 2.39\times10^{-8}(\text{cal/molecule})$$
$$= 1 \times 10^{-7}(\text{joule/molecule})$$
$$= 6.2422 \times 10^{11}(\text{eV/molecule})$$

Avogadro's number, $N_o = 6{,}025 \times 10^{23}(1/\text{mole})$

$$1(\text{cal}) = 4.185(\text{joule})$$

علاوة على حركة الإلكترونات في المدارات حول النواة فإن الذرات في الجزيء تدور حول مركز الكتلة، كما تهتز النوى على طول المحور الواصل بين مراكزها. عندئذ يمكن التعبير عن الطاقة الكلية للجزيء تبعاً لتقريب بورن – أوبنهيمر Born Oppen-heimer approximation بمجموع الطاقات الإلكترونية Ee والاهتزازية Ev والدورانية Er.

$$E = Ee + Ev + Er \qquad (11.5)$$

وقد أهملت الطاقة الانتقالية لصغرها.

كل من هذه الطاقات مكماة (Quantized) أي أن لكل منهما كمية محددة تتناسب مع ثابت بلانك، وأدت النتائج النظرية والتجريبية إلى العلاقة التالية.

$$Ee : Ev : Er = 1 : \sqrt{m/M} : m/M \qquad (12.5)$$

حيث m كتلة الإلكترون

M كتلة النواة

فمثلاً بالنسبة لجزيء الهيدروجين ($M \approx 900m$)، المعادلة (12.5) تعطى

$$Ee : Ev : Er = 1 : 1/30 : 1/900$$

النتائج التجريبية لجزيء الهيدروجين هي:

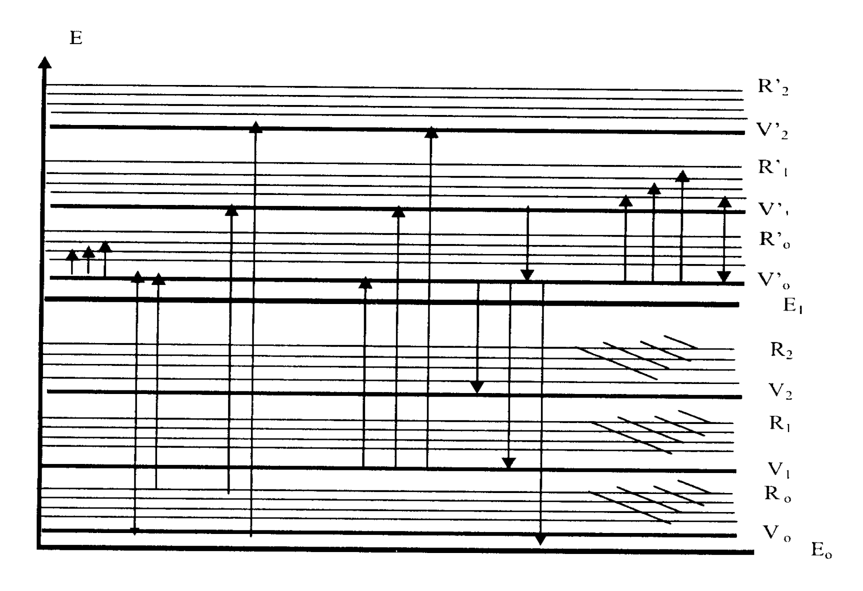
$$Ee \approx 10 \text{ ev}, \quad Ev \approx 0.5 \text{ ev}, \quad Er \approx 0.015 \text{ ev}$$

حيث إن

$$Ee : Ev : Er = 1 : 1/20 : 1/700$$

وتوجد فروق واضحة بين الطاقات الإلكترونية والاهتزازية والدورانية

$$Ee >> Ev >> Er \quad (13.5)$$



شكل (39): مستويات الطاقة للجزيء.

وحيث إن مستويات الطاقة الدورانية قريبة من بعضها نسبيا فإن الانتقال بين هذه المستويات يحدث عند الترددات المنخفضة من $10\ cm^{-1}$ إلى $10^2\ cm^{-1}$. يقع هذا المدى في منطقة الموجات الميكرونية ومنطقة الأشعة تحت الحمراء البعيدة. تتسع المسافة بين مستويات الطاقة التذبذبية عنها في حالة مستويات الطاقة الدورانية لذلك يحتاج الانتقال بين هذه المستويات طاقة أكبر أي ترددات أعلى ($10^2 cm^{-1}$ إلى $10^4\ cm^{-1}$) وهى منطقة الأشعة تحت الحمراء. المسافات بين

مستويات الطاقة الإلكترونية أكبر من المسافات بين مستويات الطاقة الاهتزازية وهذا يستلزم طاقة أكبر للانتقال بين هذه المستويات الإلكترونية. يظهر الطيف الإلكتروني في المدى من 10^4 c m^{-1} إلى 10^5 cm^{-1} حيث الطيف المرئي وفوق البنفسجي، أي أن الانتقالات الدورانية والتذبذبية والإلكترونية تظهر على التوالي بسبب امتصاص الموجات الميكرونية والأشعة تحت الحمراء البعيدة - الأشعة تحت الحمراء -الضوء المرئي وفوق البنفسجي. يبين شكل (39) مستويات طاقة الجزيء.

يلاحظ أنه إذا امتص الجزيء أشعة فوق بنفسجية أو مرئية فإن ذلك يغير من طاقاته الإلكترونية والتذبذبية والدورانية، أما إذا امتص أشعة تحت الحمراء فذلك يغير من طاقاته التذبذبية والدورانية وفي حالة امتصاصه الأشعة تحت الحمراء البعيدة أو موجات ميكرونية فلا تتغير إلا طاقته الدورانية فقط.

4.5 تفاعلات الموجات الكهرومغناطيسية مع جسم الإنسان

Interactions of Electromagnetic Waves with Human Body

الأجزاء المختلفة من الطيف الكهرومغناطيسي لها تأثيرات مختلفة جدا عند التفاعل مع المادة. نبدأ بترددات الموجات الراديوية المنخفضة، جسم الإنسان ينفذها تماماً. يمكنك أن تسمع صوت مذياعك المتنقل في داخل منزلك إذ أن الموجات تمر بحرية خلال الجدران وحتى خلال شخص يقف خلفك. وعندما تتحرك في اتجاه الموجات الميكرونية وتحت الحمراء إلى الضوء المرئي فإنك تمتص بشدة أكثر فأكثر. في مدى الأشعة فوق البنفسجية الأدنى، كل أشعة UV تمتص في الطبقة الخارجية الرقيقة من جلدك. وإذا تحركت أكثر جهة منطقة الأشعة السينية من الطيف تصبح منفذاً مرة أخرى، لأن معظم آليات الامتصاص قد انتهت. أنت إذن تمتص كسراً صغيراً من الأشعة، لكن هذا الامتصاص يتضمن

الحالات شديدة التأين. كل جزء من الطيف الكهرومغناطيسي له طاقات كمية تناسب أنواع معينة من العمليات الفيزيائية. مستويات الطاقة لكل العمليات الفيزيائية، على المستويات الذرية أو الجزيئية مكماة، وإذا لم يكن هناك مستويات طاقة مكماة ملائمة بفواصل تماثل الطاقة الكمية للأشعة الساقطة، عندئذ ستكون المادة منفذة (شفافة) لهذه الأشعة وسوف تمر خلالها.

الطاقة الكمية لفوتونات الموجات الميكرونية تقع في المدى **0.001**– **0.0001** إلكترون فولت، وهي في مدى الطاقات الكمية الفاصلة للحالات الكمية للدوران واللي للجزيء.

تفاعل الموجات الميكرونية مع المادة ما عدا الموصلات المعدنية سوف تسبب دوران الجزيئات وينتج عن ذلك حرارة نتيجة تلك الحركة الجزيئية. الموصلات تمتص بشدة الموجات الميكرونية وأي ترددات أقل، لأنها تسبب تيارات كهربائية من شأنها تسخين المادة. معظم المواد بما في ذلك جسم الإنسان شفافة جدا للموجات الميكرونية. الموجات الميكرونية عالية الشدة، كما في أفران الموجات الميكرونية (أفران الميكروويف) حيث إنها تمر من الخلف والأمام ملايين المرات خلال الطعام، سوف تسخن المادة بسبب الدوران أو اللي الجزيئي. ولأن الطاقات الكمية أقل ملايين المرات من الطاقات الكمية للأشعة السينية لذا فإنها لا تستطيع إحداث تأين ولا تسبب أنواع الإتلاف التي تسببها الأشعة المؤينة.

طاقة كم فوتونات تحت الحمراء تتراوح بين **0.001** إلى **1.7** إلكترون فولت وهى في نفس مدى الطاقات الفاصلة للحالات الكمية للتذبذبات الجزيئية. وتمتص تحت الحمراء بشدة أكثر من الموجات الميكرونية وبشدة أقل كثيرا من الضوء المرئي. وينتج عن امتصاص تحت الحمراء تسخين الأنسجة نظراً لأنها تزيد نشاط التذبذبات الجزيئية. وتنفذ الأشعة تحت الحمراء من الجلد أكثر من الضوء المرئي، وهكذا يمكن استخدامها في التصوير الفوتوغرافي للأوعية الدموية تحت الجلد.

الآلية الأولية في امتصاص فوتونات الضوء المرئي هي رفع الإلكترونات إلى مستويات طاقة أعلى. ويوجد العديد من حالات الطاقة الممكنة، لذلك تمتص الذرات الضوء المرئي بشدة. في حالة مصدر قوى للضوء المرئي يمكن أن ينفذ اللون الأحمر في اليد أو في طبقة من الجلد مبينة أن النهاية الحمراء لا تمتص بنفس شدة النهاية البنفسجية.

ويسبب التعرض للضوء المرئى رفع الحرارة أو التسخين ولا يحدث التأين الذي ينتج عنه مخاطر. يمكن أن تسخن وأنت داخل سيارتك بسبب أشعة الشمس النافذة من زجاج النوافذ ولكن لا يحدث لك حروق شمس لأنها تنتج من الأشعة فوق البنفسجية التي يمتصها الزجاج ولا تنفذها داخل السيارة.

تمتص الأشعة فوق البنفسجية القريبة بالطبقة السطحية للجلد بسبب الانتقالات بين مستويات الطاقة الإلكترونية. وكلما اتجهنا إلى الطاقات الأعلى تصل إلى الطاقات التي تؤين العديد من الجزيئات وتحدث عمليات التأين الضوئي الخطيرة. وتظهر حروق الشمس نتيجة التعرض لأشعة UV وينتج عن التأين مخاطر سرطان الجلد. ووجود الأوزون في الغلاف الجوى الأعلى تحمى البشرة من أخطار الجزء الضار من الأشعة فوق البنفسجية حيث يمتص الأوزون هذا الجزء من أشعة UV. وتؤكد أن الترددات العالية من أشعة UV مؤينة وأضرارها تبدأ بحروق الشمس حتى سرطان الجلد.

طاقات الكم لفوتونات الأشعة السينية عالية جداً لدرجة تجعلها تحدث انتقالات إلكترونية عندما تمتصها الذرات وتستطيع التفاعل مع الإلكترونات وانتزاعها خارج الذرات وهذا هو السبب في تصنيف أشعة X كأشعة مؤينة. وهذا يتم بإعطاء كل الطاقة للإلكترون (التأين الضوئي).

يعتمد تأثير الإشعاعات ذات الأطوال الموجية المختلفة، على جميع الكائنات بالكامل، على تأثير أشعة معينة على الخلايا التي يتكون منها الكائن، وعلى وجود جزيئات ماصة في الخلايا. يجب أن تمتص الأشعة لكي تحدث تأثيراً على الجزيء، نظراً لأن الطاقة الممتصة فقط هي التي تعمل على تفعيل التغير الكيميائي.

كيف تؤثر الطاقة الممتصة في الجزيء؟ يعتمد على ما إذا كانت كمية الطاقة قادرة على رفع الجزيء إلى حالة تذبذبية أو إلى حالة إلكترونية مثارة. إذن يكون من المتوقع، أن التأثير الكيموضوئي لن يتأثر بالطاقة الحرارية للجزيئات عند وقت التعرض للضوء، لأن الحرارة تؤثر في مستويات الطاقة المنخفضة في الجزيء، والتي تكون أوطأ من تلك المستويات المثارة بالفعل الكيموضوئي.

ونظراً لأن كمية التفاعل كيموضوئي الناتجة عن الطاقة الممتصة يعتمد على عدد الجزيئات المثارة بالطاقة الضوئية، فيكون من غير المهم ما إذا كانت الجزيئات معرضة لشدة ضوء منخفضة لمدة طويلة، أو لشدة ضوء عالية لفترة قصيرة حيث إن حاصل ضرب الشدة في الزمن يعطى نفس القيمة وهذا ما يطلق عليه قاعدة التبادل.

تحدد الطبيعة الكيميائية للجزيئات امتصاص الأشعة غير المؤينة، وخصوصا عندما تكون الذرات متصلة بروابط زوجية متبادلة مثل كربون – كربون، كربون – نيتروجين، والجزيئات الحلقية. عندما توجد أنواع مختلفة من الروابط الزوجية والحلقات مثل الأحماض النووية والبروتينات يحدث الامتصاص عند أطوال موجية مختلفة وبدرجات مختلفة. لذلك يعتبر طيف امتصاص الجزيئات من أهم الخصائص المميزة لها.

5.5 مخاطر الأشعة الكهرومغناطيسية داخل البيت

في نهاية هذا الجزء الأول من الكتاب نذكر بإيجاز شديد مصادر الإشعاع التي يتعرض لها الإنسان داخل وحول البيت، والمخاطر التي قد تنجم عن ذلك، هذه الموضوعات سوف نتناولها بالتفصيل في الجزء الثاني من الكتاب. لقد ذكرنا في أكثر من موضع في سياق الكتاب أن الأشعة تنقسم إلى نوعين – أشعة ضارة (مؤينة)، وأخرى تعتبر غير ضارة بصحة الإنسان (غير مؤينة). والأشعة المؤينة، مثل أشعة إكس والرادون يمكن أن تكون ضارة بصحة الإنسان اعتماداً على مقدار الجرعة وفترة التعرض. أما الأشعة غير المؤينة – ضعيفة القدرة – المنبعثة من

المنتجات التي يستخدمها المستهلك مثل التليفونات اللاسلكية، أفران الميكروويف، وجهاز التلفاز لا تعتبر ضارة بصحة الإنسان، ومازال العلماء يبحثون فيما إذا كانت هناك تأثيرات صحية ضارة على صحة الإنسان من التعرض لهذه الأجهزة على المدى الطويل. وينصح العلماء بتقليل التعرض للأشعة من هذه المصادر إلى أدنى مستوى ممكن. لا داعي للتعرض غير الضروري لمثل هذه الأجهزة، وزيادة في الاحتياط امنع أطفالك من الوقوف أمام أفران الميكروويف أثناء التشغيل. وتنصح منظمة الصحة العالمية جمهور السكان بعدم التخوف أو القلق من المخاطر الصحية من استخدام التليفون الخلوي حتى تظهر نتائج الدراسات على المدى الطويل. والتوصية هي لا داعي لتشجيع الأطفال أقل من 16 سنة على استخدام هذا التليفون حتى تظهر التأثيرات الصحية لهذا الاستخدام على المدى الطويل. وقد ذكر الدكتور ميخائيل ثن **Michael Thun** من جمعية السرطان الأمريكية **American Cancer Society** أن الأشعة الصادرة من التليفون المحمول أو من المنتجات الكهربائية لا يعرف لها أي نوع من التأثيرات على **DNA** (الحامض النووي) أو على مكونات أي خلية أخرى، ترتبط بالسرطان. وعلى خلاف ذلك، فإن الأشعة المؤينة مثل الرادون أو أشعة إكس لها مخاطر مباشرة على الأنسجة وتعتمد هذه المخاطر على مقدار الجرعة ومدة التعرض لها.

مصادر الإشعاع داخل وحول البيت هي:

1- أفران الميكروويف.

2- التليفون المحمول.

3- التلفاز والحاسوب (تم ذكرهما في الباب الرابع).

4- ألعاب **CD**.

1-5.5 أفـــران الميكروويـــف Microwave Ovens

من المعروف جيـــداً أن الطاقـــة الكهرومغناطيســـية تســـبب تســـخينًا حراريًـــا للأنسجة الحية. أفـــران الموجـــات الميكرونيـــة – الميكروويـــف – تســـتخدم الطاقـــة الكهرومغناطيســـية لتســـخين وطهـــي الطعـــام. تســـتخدم أفـــران الميكروويـــف 1947 Raytheon ، متذبـــذبات المجنتـــرون Magnetron Oscillators (مولـــدات الميكروويـــف) (أنبوبـــة إرســـال الـــرادار\ فجـــوة) الـــتي تعمـــل عنـــد 2.45GHz. (بعض الأنظمـــة الـــتي ظهـــرت في التســـعينيات 1990's ترســـل عنـــد 5.8GHz. وتكون كمية التسخين دالة للقـــدرة المنقولـــة ودورة التشـــغيل (الـــزمن). الطاقة الاعتيادية من أنظمة الميكروويـــف تكـــون في حـــدود مـــن 600 – 700 واط. هكذا في حدود 5 دقائق يصل تجويف الفرن 43000 ســـعر تقريبـــاً لتســـخين الجســـم في داخله. أقصى تسريب مســـموح مـــن أفـــران الميكروويـــف – طبقـــاً لتوصـــيات الهيئات الدولية المعنية بذلك – هو 5 مللي واط (أو 5 من الألف مـــن الـــواط) لكـــل سنتيمتر مربع (في حدود مساحة سطح قـــرص أســـبرين) عنـــدما تقـــاس علـــى بعـــد بوصتين (5 سم) من سطح الفرن. على أي حـــال كلمـــا ابتعـــدنا عـــن الفـــرن يقـــل مستوى التعرض لأي طاقة مسربة من الفرن.

حتى الآن سيظل السؤال: هل التعرض للمســـتويات المنخفضـــة مـــن أشـــعة الميكروويف يمثل خطراً على الإنسان؟. الأبحاث الســـوفيتية أعطـــت بعـــض التقـــارير، وقد ركز علمـــاء U.S.S.R علـــى التعـــرض لمســـتويات مختلفـــة مـــن الميكروويـــف لفترات طويلة أو التعـــرض المتكـــرر. وأظهـــرت نتـــائجهم أن التعـــرض لمســـتويات منخفضة من طاقة الميكروويف لفترة طويلة ينـــتج عنـــه تـــأثيرات غـــير ســـارة لـــيس سببها الوحيد التأثير الحراري. لـــذا وضـــعت U.S.S.R وبعـــض الـــدول الأوروبيـــة الأخرى إرشادات دقيقة خاصة بهم لضمان الأمان مـــن الميكروويـــف، فمـــثلاً، يضـــطر العاملون الروس إلى ارتـــداء عوينـــات خاصـــة Goggles (لوقايـــة العـــين) عنـــد أي وقت يتعرضون فيه مؤقتا لمستوى واحد مللي واط لكـــل ســـنتيمتر مربـــع مـــن أشـــعة الميكروويف ونتذكر أن المعيار الأمريكي هـــو 5 مللـــي واط لكـــل ســـنتيمتر مربـــع.

وينبغي على الذين يتعرضون لفترات متكررة لمستوى منخفض من أشعة الميكروويف مراعاة الاحتياطات التالية:

1- الابتعاد حوالي طول ذراع من الفرن أثناء تشغيله.

2– عدم تشغيل الفرن وهو فارغ.

3– عدم تشغيل الجهاز وهو غير مغلق جيدا أو عندما يكون به تلف.

4– ممنوع العبث في مفتاح الأمان.

الكميات الكبيرة من الميكروويف يمكن أن تستخدم لتسخين الأجسام. يستخدم فرن الميكروويف مستوى طاقة معين يتفاعل مع جزيئات الماء. جزيئات الماء تمتص هذه الطاقة وتتذبذب – وتتولد الحرارة التي تسخن جزيئات الماء والجزيئات المجاورة لها. وحيث إن الطعام يحتوى الماء يصبح الطعام ساخناً بينما الأواني المصنوعة من مواد لا تحتوى الماء لا تسخن. فرن الميكروويف معتم للميكروويف، لكن النافذة الزجاجية منفذة للضوء المرئي لذلك فأنت تستطيع أن ترى طعامك دون أن يتسرب الميكروويف.

لماذا نرى إشارات تقول انتبه فرن الميكروويف يعمل؟.

فرن الميكروويف يمكن أن يبعث كميات صغيرة من طاقة الراديو التي تستطيع التداخل مع المنظم الصناعي. هذه الإشارات هي تحذير للناس الذين يستخدمون منظم نبضات القلب. بالمثل المستشفيات تسألك لا تستخدم التليفون المحمول في المستشفى لتفادى احتمال تداخل الميكروويف مع الأجهزة الطبية.

السؤال الآن هو: ما هي مستويات الأمان للتعرض؟

في الواقع، لا أحد يعرف بالتأكيد. العديد من المعامل الأمريكية وجدوا أن المستويات المنخفضة من التعرض للميكروويف يمكن أن تسبب تأثيرات تراكمية على العيون ينتج عنها مياه بيضاء (عتامة العدسة). والأبحاث سجلت أيضاً نقصاً في كفاءة الأفراد، وصلة محتملة بالسرطان. وقد اتفق الباحثون على أنه لا يوجد تأثير حراري من الميكروويف التي يتعرض لها كثير من الناس على المستوى اليومي.

والسؤال ما هي درجة الخطر الذي يمثله هذا التأثير غير الحراري؟

للإجابة على هذا السؤال يجب أن نتعامل مع الاختلاف الجدلي بين التأثير البيولوجي البسيط والخطر البيولوجي الشديد. فمثلاً النقص في القدرة على عمل معين قد يكون سببه التأثير ولكن عند أي حد يكون هذا التأثير خطيراً.

تأثيرات التعرض لمستويات منخفضة من الميكروويف لمدة طويلة وعلاقتها بصحة الإنسان سوف تتضح فقط بعد تعريض عدد كبير من الناس للميكروويف وتستغرق الدراسة سنوات عديدة. من ناحية أخرى، تتم الدراسات على الحيوانات ولكن من الصعب ترجمة تأثيرات الميكروويف على الحيوانات إلى التأثيرات المحتملة على الإنسان ولكن الخبراء ينصحون بعدم التعرض غير المطلوب للأشعة، مهما كان نوعها.

يتكون فرن الميكروويف من:

1- دائرة تحكم الجنترون.

2- مجنترون.

3-موجه الموجة.

4- غرفة الطهي.

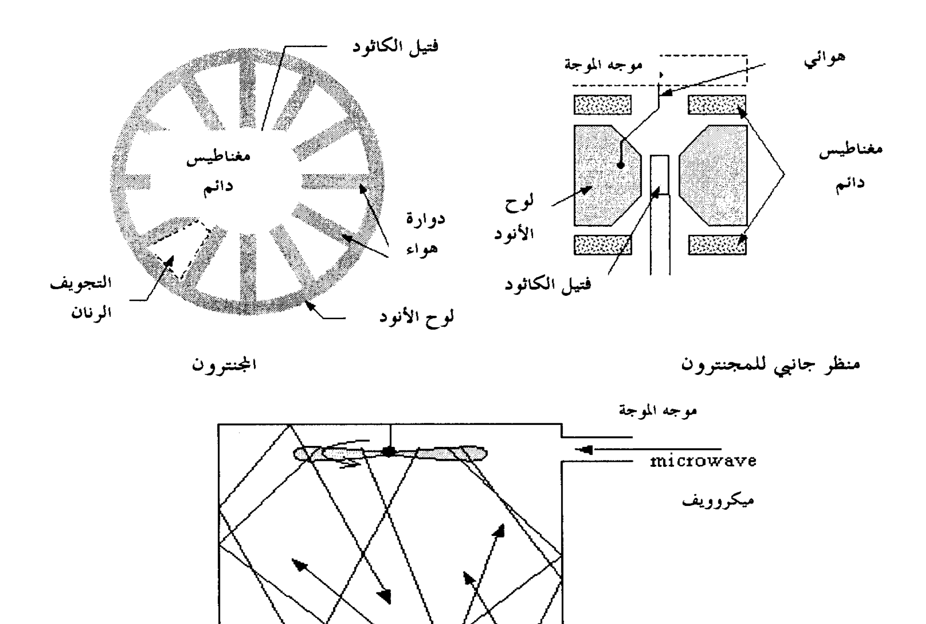
يعمل الفرن بتمرير أشعة الميكروويف، عادة عند تردد 2450 مليون دورة فى الثانية (2450MHz)، خلال الطعام. تمتص جزيئات الماء فى الطعام الطاقة من حزمة الميكروويف فى عملية يطلق عليها تسخين العزل الكهربائى. كل جزيء ماء يمثل ثنائي قطب بمعنى أنه يمتلك شحنة موجبة عند إحدى نهايتيه وشحنة سالبة عند النهاية الأخرى، لذلك فإنه يلتوي إلى الأمام والخلف عندما يحاول توجيه نفسه مع المجال الكهربائي المتردد الناتج عن حزمة الميكروويف. ينشأ عن هذه الحركة الجزيئية حرارة. يفسر التسخين بالميكروويف أحياناً بطريقة خاطئة على أساس أنه رنين **Resonance** لجزيئات الماء، إلا أن هذا يحدث فقط عند عشرات الجيجا هرتز أي عند ترددات عالية جداً.

غرفة الطهي محكمة الغلق لمنع تسرب الميكروويف إلى الجو المحيط به. باب الفرن يصنع عادة من الزجاج وله طبقة من شبكة عيون موصلة **Conductive Mesh** تحافظ على التدريع. وحيث إن عرض العيون أقل كثيراً من الطول الموجي 12 سنتيمتر، لا تستطيع أشعة الميكروويف من المرور من الباب، بينما يستطيع الضوء ذو الطول الموجي الأقصر المرور من هذا الباب.

الطهي بالميكروويف سريع ومألوف، لكن توجد له مخاطر، لأن الطعام يسخن في زمن وجيز جداً ويكون الطهي غير متساو. تستخدم أفران الميكروويف في الغالب لإعادة تسخين الطعام السابق طهيه وقد لا تقتل الملوثات البكتيرية بإعادة التسخين، وينتج عن ذلك تسمم الطعام. وينتج التسخين غير المتساوي جزئياً، بسبب التوزيع غير المتساوي لطاقة الميكروويف داخل الفرن، وجزئياً، بسبب تفاوت معدلات امتصاص الطاقة، في الأجزاء المختلفة من الطعام. أمكن اختزال المشكلة الأولى باستخدام هزاز (**Stirrer**)، نوع من المراوح التي تعكس طاقة الميكروويف إلى الأجزاء المختلفة من الفرن عندما تدور. والمشكلة الثانية يقوم بحلها الطاهي عليه أن يغير وضع الطعام من وقت لآخر ويجنب الأجزاء التي تم طهيها.

والشكل (**40**) يبين المكونات المختلفة لفرن الميكروويف. يولد المجنترون الأشعة التي تنتشر تحت موجه الموجة وتتوجه مباشرة إلى تجويف الفرن حيث يوزع نظام هزاز الطاقة القادمة في الاتجاهات المختلفة. وكما ذكرنا سابقا فإن الطاقة الممتصة تعتمد على حجم العينة ومعامل التبديد.

ويتكون المجنترون من دايود (وصلة ثنائية) أسطواني بأنود وكاثود. يوجد فوق الدايود مجال مغناطيسي موجه مع الكاثود.



شكل (40) فرن الميكروويف

2-5.5 التليفون المحمول وهوائي قاعدة محطة التليفون

The Mobile Phone and Base Station Antenna

في السنوات العشر الأخيرة من القرن العشرين زاد الإقبال على استخدم أجهزة الاتصالات اللاسلكية وعلى وجه الخصوص التليفون المحمول زيادة ملحوظة في جميع دول العالم. وصاحب هذا الطلب المتزايد على أجهزة الاتصالات اللاسلكية تركيب شبكة من قواعد المحطات عبر المدن لإرسال واستقبال إشارات الاتصالات. وقد أدى ذلك إلى زيادة اهتمام الناس لمعرفة التأثيرات الصحية التي

قد تنجم عن استعمال التليفونات الخلوية وأجهـزة الاتصـالات الأخـرى في المسـكن أو في العمل أو حتى أثنـاء الـذهاب إلى المدرسـة بـالقرب مـن قواعـد محطـات الاتصالات.

تعمل أجهزة الاتصالات اللاسلكية من خلال اسـتعمال مجـالات التـرددات الراديوية. وبينما تمثل الأجهزة مثل التليفون الخلـوي تقنيـة جديـدة متطـورة، إلا أن مجالات الترددات الراديوية RF توجد في بيوتنـا منـذ زمـن بعيـد. راديـو FM, AM والموجات القصيرة تستخدم موجـات التـرددات الراديويـة لنقـل الإشـارات كما يحدث في التليفزيون والرادار. بـالرغم أن شـدة مجـالات التـرددات الراديويـة المستخدمة في أغراض الاتصالات منخفضة جدا إلا أن لهـا مخاطرهـا عنـد مسـتويات التعريض العالية جداً. فمثلاً تسخين الطعـام في أفـران الميكروويـف الـتي تسـتخدم طاقة الترددات الراديوية RF تبرهن على فاعلية المستويات العاليـة مـن التعـريض في إحداث تغيرات مهمة في المواد البيولوجية نتيجة التسخين. تشـير الدراسـات العلميـة التي تمت إلى أن التعرض لمسـتويات ذات شـدة منخفضـة مـن مجـالات RF غـير الحرارية لا تضر بصحة الإنسان أو الحيوان. على أي حال، الدراسـات الـتي تمـت في هذا المجال والنتائج التي تم الحصول عليهـا ليسـت كاملـة ولا تكفـي لاسـتخلاص قاعدة تؤكد احتمال أن هذه التـأثيرات البيولوجيـة غـير الحراريـة قـد تـؤدى إلى تأثيرات ضارة بالصحة. بالإضافة إلى ذلك - يكون مـن الصـعب - وضـع حـدود أمان للتعرضات غير الحرارية دون فهم كيف تسـبب مجـالات RF المنخفضـة هـذه التأثيرات البيولوجية.

مجالات RF المنبعثة مـن قواعـد محطـات الاتصـالات اللاسـلكية والـتي يتعرض لها العامة تكون ذات طاقـة منخفضـة إلى حـد لا يجعلـها تسـبب تـأثيرات بيولوجية أو تأثيرات ضارة بالصحة. مـن المحتمـل أن العـاملين في مجـال الاتصـالات اللاسلكية بما في ذلك التليفـون الخلـوي يتعرضـون إلى طاقـات كافيـة لإحـداث تأثيرات بيولوجية بالرغم أنه ليس من المعروف أن هذه التـأثيرات البيولوجيـة تكـون ضارة بالصحة.

وقد عبر بعض الناس عن اهتمامهم لمعرفة ما إذا كان التعرض للترددات الراديوية من أجهزة الاتصالات يزيد من مخاطر السرطان أم لا.

الدراسات المتاحة حالياً ليست متفقة تماما في استنتاجاهًا. مستوى الدلائل ونتائج الدراسات حتى اليوم لا تدعم الاستنتاج بأن التعرض لمجالات RF من نوع وشدة مجالات أجهزة الاتصالات تساهم في تطوير الأورام. بالرغم أن بعض الفحوصات قد افترضت أن مجالات RF قد تتلف DNA، إلا أن معظم نتائج الدراسات التي تمت حتى الآن في كندا كانت سلبية.

والدراسات الطبية على تأثير مجالات RF على وظائف المخ والصحة العصبية للإنسان والتي اهتمت بنوبات الصرع واضطرابات النوم قد فشلت أيضاً في إظهار التأثيرات الصحية الضارة.

حتى اليوم الدراسات التي تمت على صحة الإنسان والتي اختبرت العلاقة بين التعرض لمجالات التردد الراديوى وأنواع السرطان المختلفة، مشاكل التناسل، العيوب الخلقية، الصرع، الصداع وأيضاً الانتحار لم تعطِ أدلة قاطعة على وجود تأثيرات صحية ضارة نتيجة التعرض لمجالات RF.

بعض شرائح السكان مثل الأطفال والنساء والحوامل والمتقدمين في السن تكون أكثر عرضة أو أكثر تأثرا بالأخطار الصحية البيئية المختلفة. هذه الشريحة من السكان لم تُجْرَ عليها سوى عدد قليل من الدراسات بالنسبة للتعرض لمجالات RF. هذه الدراسات التي أجريت لم تكن – على وجه الخصوص – دقيقة في تصميماهًا.

والسؤال الآن هو: لماذا لا تسبب التليفونات الخلوية أو الميكروويف السرطان؟

التليفونات الخلوية وأفران الميكروويف كليهما يستخدم الأشعة الكهرومغناطيسية. السبب الأول في تخوف الناس هو استمرار الاعتقاد بأن الإشعاع هو المسبب للسرطان. الخوف كله من مصطلح الإشعاع. والإشعاع لا

يشمل فقط الأشعة النووية ذات الطاقة العالية بل يشمل أيضاً الضوء المرئي الذي نرى به كل شيء من حولنا.

التليفون المحمول عبارة عن راديو منخفض القدرة يرسل ويستقبل أشعة الميكروويف عند ترددات حوالي 900MHz & 1800 وتشمل أنظمة الراديو الخلوية الاتصالات بين التليفون المحمول ومحطات قاعدة ثابتة. كل قاعدة محطة تغطى منطقة معينة تدعى الخلية. وتهتم الهيئات الدولية بوضع ضوابط أمان لمنع حدوث أي أضرار صحية تنجم عن تعرض الجسم بالكامل أو أي جزء منه لموجات الراديو. يمتص الجسم بعضاً من طاقة RF الإشعاعية، ويكون أقصى امتصاص لها عند سطح الأنسجة المحتوية على القدر الأكبر من الماء، في الرأس أو اليد. لذلك يعبر عن التأثيرات الناتجة عن التعرض للتليفون المحمول بدلالة الطاقة الممتصة بكتلة صغيرة من نسيج الرأس. من الناحية العملية، الخارج من استعمال التليفون المحمول، يتسبب في ترسيب كمية من الطاقة في نسيج الرأس ومن ثم ارتفاع في درجة الحرارة. في المواقع التي يتعرض فيها جمهور الناس إلى مجالات هوائي- قاعدة محطات المحمول، من المحتمل أن يكون التعرض متجانساً على جميع أجزاء الجسم.

الموجات الراديوية التي ترسلها هوائيات قواعد محطات المحمول ضعيفة إلي حد كبير، وعلى هذا الأساس تكون التأثيرات ذات أهمية كبيرة للأفراد الذين يكونون على بعد عدة أمتار فقط من الهوائي.

المخاوف من احتمال حدوث تأثيرات غير حرارية تنتج عن التعرض للأشعة الكهرومغناطيسية للتليفون المحمول قد ازدادت إلى حد كبير. هذه تشمل اقتراحات بتأثيرات خبيثة على الأنسجة القابلة للإثارة الكهربائية والتي قد تؤثر على وظائف المخ والجهاز العصبي.

الموجات الراديوية لا تمتلك طاقة كافية لإتلاف المادة الجينية (DNA) مباشرة ومن ثم لا تستطيع إحداث سرطان. توجد اقتراحات بأنها قد تكون قادرة

على زيادة معدل تطور السرطان. علاوة على ذلـك، الـدليل مـن الدراسـات الـتي تمت على التأثيرات المحتملة على تطوير أورام خبيثـة في حيوانـات التجـارب ليسـت مقنعة. نقص الأدلة لا يؤكد عدم وجود مخاطر.

ما زال هناك أيضاً هاجس حول ما إذا كـان يوجـد تـأثيرات علـى وظـائف المخ مع تأكيد خاص علـى الصـداع وفقـد الـذاكرة. ومـا زالـت هنـاك بعـض الدراسات تجرى لدراسة هذا الاحتمال.

عدة اعتبارات مهمـة يجـب أن نتـذكرها عنـد تقيـيم التـأثيرات الصـحية المحتملة. أهمها تردد التشغيل ، أنظمة التليفونات المحمولة الحاليـة تعمـل بـين 1800, 800 مليون هرتز.

مستويات التعرض

كما ذكرنا، التليفون المحمول يعتبر جهـاز إرسـال مـنخفض القـدرة، أقصـى قدرة يبعثها تتراوح بين 0.2 إلى 0.6 واط. وترسل قواعد المحطات قـدرة تتـراوح مـا بين بضع إلى مائـة واط أو أكثـر قلـيلاً اعتمـاداً علـى حجـم و منطقـة الخليـة. وهوائيات قواعد المحطات يكون عرضها عادة من 20 إلى 30 سـنتيمتراً وطولهـا متـر واحد. ومرفوعة على مباني أو أبـراج علـى ارتفـاع مـن 15 إلى 50 متـراً فـوق الأرض. تبعث الهوائيات حزم RF التي تكون عادة ضـيقة جـداً، في الاتجـاه الرأسـي لكنها عريضة في الاتجاه الأفقي. وبسبب الانتشـار الرأسـي الضـيق للحزمـة تكـون شدة مجال RF عند الأرض أسفل الهوائيات مباشرة ضعيفة. تـزداد شـدة مجـال RF قليلاً كلما تحرك الشخص بعيداً عن قاعدة المحطة بعدئذ تقـل عنـد المسـافات البعيـدة عن الهوائي.

تم بحمد الله

Dictionary

- A-

Absolute	مطلق
Absorb	يمتص
Absorbance	امتصاصية
Absorption	امتصاص
Absorption spectrum	طيف الامتصاص
Accelerator	معجل
Active Galaxies	مجرات نشطة
Air Toxic	سمية الهواء
Alternating	متناوب
Altitude	الارتفاع
Amorphous	غير متبلور (أمورفي)
Amplifier	المضخم
Amplitude	السعة
Analyser	محلل
Analysis	تحليل
Angestrom	أنجستروم
Anion	أيون سالب
Anisotropy	متباين الخواص
Annihilation	إفناء
Antimatter	مادة مضادة
Antiparticles	جسيمات مضادة
Apparent	ظاهري
Asymmetry	لا تماثلي

Atmosphere	الغلاف الجوي
Atom	ذرة
Attenuation	توهين
Avogadro's number	عدد أفوجادرو

- B -

Band	شريط (نطاق)
Band spectrum	الطيف الشريطي
Baryon	باريون
Bathochromic Shift	إزاحة حمراء
Beam of light	حزمة ضوئية
Big Bang	الانفجار العظيم
Birefringence	انكسار مزدوج
Black Dwarf	قزم أسود
Boltzmann Constant	ثابت بولتزمان
Bond	رابطة
Bound electron	إلكترون مقيد

- C -

Calibration	معايرة
Characteristics	خصائص
Charge	شحنة
Charge carrier	حاملة الشحنات
Chromophore	حاملات اللون
Circular	دائري
Cluster of Galaxies	عناقيد المجرات
Coefficient	معامل
Coherence	مطابق

Cohesion	تماسك
Collimator	مجمع
Color Charge	شحنة اللون
Comparison Spectrum	طيف المقارنة
Complex	معقد
Compound	مركب
Compressible	قابل للانضغاط
Concept	مفهوم
Conduction	توصيل
Configuration	تناسق (أوهيئة)
Conformation	التركيب البنائي (أو الترتيب)
Consumption	استهلاك
Corona	هالة
Cosmic Microwave	موجات ميكرونية كونية
Cosmic Rays	أشعة كونية
Cosmos	النظام الكوني
Crystalline material	مادة متبلورة

- D -

Damage	اتلاف
Data	بيانات
Decay	انحلال
Deconvolution	فك المطويات
Definition	تعريف
Deformation	تشوه
Density	كثافة
Derivative	مشتق

Destruction	هدمي
Detector	كاشف
Deviation	انحراف
Diagnostic Radiology	أشعة تشخيصية
Dielectric constant	ثابت العزل
Diffraction	حيود
Dilution	تخفيف
Dimension	أبعاد
Diode	وصلة ثنائية (دايود)
Dipole	ثنائي القطب
Dipole moment	عزم ذي القطبين
Disc	قرص
Discharge Tube	أنابيب تفريغ
Dispersion	تفريق
Displacement	إزاحة
Dissociation	تفكك
Dissolve	يذيب
Distribution	توزيع
Dose Rate	معدل الجرعة
Doublet	ثنائية
Dust	غبار

- E -

Earthquakes	زلازل
Eclipse	كسوف الشمس
Electric Field	مجال كهربي
Electromagnetic spectrum	طيف كهرومغناطيسي

Electromagnetic waves	موجات كهرومغناطيسية
Electron	إلكترون
Electron Beam	حزمة إلكترونية
Electron shell	قشرة إلكترونية
Electron spin	لف (عزل) الإلكترون
Electron transition	انتقال إلكتروني
Electronic band spectra	أطياف الشرائط الإلكترونية
Elementary Particles	جسيمات أولية
Elliptical Galaxies	مجرات إهليجية
Emission	انبعاث
Energy	طاقة
Energy levels	مستويات الطاقة
Enlarged	مكبر
Erythema	احمرار الجلد
Evacuation	تفريغ
Evaporation	تبخير
Excited	مستثار

- F -

Factor	عامل
Falling	ساقط
Fermion	فرميون
Filament	فتيل
Film	غشاء
Fixed axis of rotation	محور ثابت للدوران
Flavor	فلافور
Folded Monutains	جبال مطوية

Force	قوة
Force constant	ثابت القوة
Free radicals	شق حر
Free vibration	ذبذبات حرة
Frequency	تردد
Fundamental	أساسي
Fundamental Particles	جسيمات أساسية

- G -

Galaxies	المجرات
Gamma Rays	أشعة جاما
Gas	غاز
Gluon	جليون
Gravity	جاذبية
Gray	جراي

- H -

Hadron	هادرون
Half – Life	عمر النصف
Heavy Hydrogen	هيدروجين ثقيل
Heterogeneous	غير متجانس
Homogeneous	متجانس
Humidity	رطوبة
Hydrogen	هيدروجين

- I -

Impurity	شائبة
Incidence	سقوط
Incident light	ضوء ساقط

Inert gas	غاز خامل
Infra-red	تحت الحمراء
Intensity	شدة
Interaction	تفاعل
Interference	تداخل
Invisible	غير مرئي
Ion	أيون
Ionization	تأين
Ionizing Radiation	أشعة مؤينة
Isotropic	موحد الخواص

- J -

Joule	جول
Junction	وصلة

- K -

Kilocalorie	كيلو سعر
Kilogram	كيلو جرام

- L -

Land Cover	غطاء الأرض
Laser beam	شعاع ليزري
Length	طول
Lepton	لبتون
Level	مستوى
Light	ضوء
Linear Accelerator	معجل خطي
Linkage	ارتباط
Luminescence	إشعاع ضوئي

Light Year	سنة ضوئية

- M -

Magnetic Field of Sun	المجال المغناطيسي للشمس
Magnification	تكبير – تضخيم
Magnitude	مقدار
Mass	كتلة
Massive Star	نجم كبير
Matter	مادة
Mean-Life	متوسط العمر
Medium	وسط
Membrane	غشاء
Meson	ميزون
Messier	مجرة
Method	طريقة
Microwave	موجات ميكرونية
Migration of ions	هجرة الأيونات
Milky Way	سكة اللبانة
Millimicron	مملي ميكرون
Mixture	مخلوط
Molecule	جزيء
Momentum	كمية حركة
Monochromatic light	ضوء أحادي اللون
Moon	القمر
Motion	حركة
Muon	ميون

- N -

Near	قريب
Nebula	سديم
Negative	سالب
Neutrino	نيوترينو
Neutron	نيوترون
Noise	ضوضاء
Normal spectrum	طيف عادي
Nova	المستعر
Nuclear energy	طاقة نووية
Nuclear reaction	تفاعل نووي
Nucleosynthesis	تخليق النوى
Nucleus	نواة

- O -

Object	شيء (جسم)
Ohm	أوم
Oldest Star Clusters	أقدم العناقيد النجمية
Opacity	عتامة
Open circuit	دائرة مفتوحة
Optical path	مسار الضوء
Orbit	مدار
Orbital	مداري
Orbital electron	إلكترون مداري
Order	ترتيب (رتبة)
Original	أصلي
Oscillation	ذبذبة (أهتزازة)

Out of plane	خارج المستوى
Output	ناتج
Overlapping	تراكب
Overtones	توافقيات
Ozone	الأوزون
Ozone Depletion	تفريغ الأوزون
Ozone hole	ثقب الأوزون

- P -

Parallel ray	شعاع متوازي
Partial	جزئي
Particle	جسيم
Perfect	مثالي
Period	دورة
Permeability	نفاذية
Phase change	تحول طوري
Phenomenon	ظاهرة
Phosphorescence	تفلور
Photomultiplier	المضاعف الفوتوني
Photon	فوتون
Pion	بيون
Plane of vibration	مستوى الاهتزاز
Plank constant	ثابت بلانك
Plutonium	بلوتونيوم
Point source	مصدر نقطي
Polar	قطبي
Polar Molecule	جزيء قطبي

Polarization	استقطاب
Pole	قطب
Pole strength	قوة القطب
Polished	مصقول
Positive pole	قطب موجب
Positron	بوزيترون
Potential	جهد
Pressure	ضغط
Primary	أولى
Primitive Atmosphere	الغلاف الجوي الأولى
Probable error	خطأ محتمل
Production	إنتاج
Propagation of light	انتشار الضوء
Proton	بروتون
Pulse	نبضة
Pure spectrum	طيف نقي

- Q -

Qualitative	وصفي
Quantitative	كمي
Quantization	تكمية (تكميم)
Quantum numbers	أعداد الكم
Quark	كوارك
Quasars	أشباه النجوم

- R -

Rad	راد
Radiation	إشعاع

Radiation Sickness	مرض إشعاعي
Radio Frequency	تردد راديو
Radio Waves	موجات الراديو
Radioactivity	نشاط إشعاعي
Random	عشوائي
Rare earth elements	عناصر الأرض
Recorder	مسجل
Red Giant	عملاق أحمر
Redshift	إزاحة حمراء
Reduced mass	الكتلة المختزلة
Reflectance	الانعكاسية
Reflection	انعكاس
Refraction	انكسار
Region	منطقة
Resolution	تحليل
Resolving force	قوة التحليل
Resonance	رنين
Restoring force	القوة المرجعة
Rigid	متماسك
Risk Factors	عوامل الخطر
Rocking vibration	ذبذبة التمايل
Rotation	دوران
Rotator	دوار

- S -

Satellites	أقمار
Saturated	مشبع

Secondary Atmosphere	الغلاف الجوي الثانوي
Sensitivity	حساسية
Shield	درع
Short Waves	موجات قصيرة
Singularity	تفرد
Solar Cycle	الدورة الشمسية
Solar Eclipse	كسوف الشمس
Solar Energy	الطاقة الشمسية
Solar	توهج شمسي
Spectral Range	مدى طيفي
Specular Reflectance	انعكاس منظاري
Speed of light	سرعة الضوء
Spiral Galaxies	مجرات حلزونية
Standing Wave	موجة موقوفة
Star	نجم
Strange Quark	كوارك غريب
Stratosphere	ستراتوسفير
Sun	الشمس
Sun Spot	بقع شمسية
Sun's Corona	هالة الشمس
Super Nova	فوق المستعر

- T -

Target	هدف
Tau	تاو
Therapeutic Radiology	أشعة علاجية
Thermal Equilibrium	الاتزان الحراري

Thermosphere	ثرموسفير
Tide	المد والجذر
Top Quark	كوارك قمة
Torsion	التواء
Track	طريق
Transfer	انتقال (تحويل)
Transmission	نفاذية

- V -

Vacuum	تفريغ
Value	قيمة
Vector	متجه
Vibration	تذبذب
Viscosity	لزوجة
Volcanic Mountain	جبال بركانية

- U -

Ultraviolet	فوق بنفسجي
Universe	الكون
Unsaturation	غير مشبع
Unstable	غير مستقر
Up Quark	كوارك فوق

- W -

Wave Length	طول موجي
White Dwarf	قزم أبيض

كتب للمؤلف

1- أساسيات وتطبيقات أطياف الأشعة تحت الحمراء .
دار النشر للجامعات (1999) .

2- أساسيات وتطبيقات مطيافية رامان .
دار النشر للجامعات (2002) .

3- أساسيات وتطبيقات مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية .
دار النشر للجامعات (2003) .

4- الطبيعة والتكنولوجيا وصحة الإنسان
(الجزء الأول)
دار النشر للجامعات (2004) .

5- الطبيعة والتكنولوجيا وصحة الإنسان
(الجزء الثاني)
الأشعة الكهرومغناطيسية وصحة الإنسان
دار النشر للجامعات (تحت الطبع)

دار الطباعة والنشر الإسلامية

مطابع دار الطباعة والنشر الإسلامية/العاشر من رمضان/المنطقة الصناعية ب٢ تليفاكس : ٣٦٢٣١٣ - ٣٦٣٣١٤

Printed in Egypt by ISLAMIC PRINTING & PUBLISHING Co. Tel:. 015 / 363314 - 362313

مكتب القاهرة : مدينة نصر ١٢ ش ابن هانيء الأندلسي ت : ٤٠٣٨١٣٧ - تليفاكس : ٤٠١٧٠٥٣